

Der Bau des Sonnstein-Tunnels

mit Rücksicht auf die Verwendung von Gesteins-Bohrmaschinen System Brand.

Vorgetragen im österr. Ingenieur- und Architekten-Vereine am
15. December 1877.

Von

Professor **Rud. Ritter von Grimbürg.**

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 1—7.)

Vorbemerkungen. Die Bahn von Steinach im Ennsthale über Aussee, Ischl, Gmunden, Ried nach Scheerding am Inn sammt Flügelbahnen, die sogenannte Salzkammergut-Bahn, ist eine Theilstrecke der Kronprinz Rudolfbahn.

Die Salzkammergut-Bahn ist vorwiegend Gebirgsbahn und überschreitet mehrere hochgelegene Wasserscheiden; in manchen Partien findet sich für den Ingenieur eine seltene Fülle schwieriger Aufgaben auf kurze Strecken zusammengedrängt.

So zwischen Ebensee und Traunkirchen, wo die Bahn in die steilen Kalk- und Dolomitgehänge des linken Traunsee-Ufers gelegt ist.

Noch vor wenigen Decennien war die Verbindung von Ischl mit Gmunden zwischen den genannten Orten ausschliesslich auf den Wasserweg beschränkt; seither traten Dampfboote an die Stelle primitiver Ruderschiffe, eine Kunststrasse hat die Ufer des Traunsee's aufgeschlossen und eine Locomotivbahn ist eben dem Verkehre übergeben worden, so dass heute an dem Austausch von Salz und Kohle und an einer regen Fremdenbewegung alle Verkehrsmittel der fortgeschrittenen Technik concurriren.

Der Bau der Salzkammergut-Bahn wurde von der Bauunternehmung Carl Freiherr von Schwarz in den Bauperioden 1876 und 1877 durchgeführt.

Die Trace war durch ein von der Staatsbehörde und der Kronprinz Rudolfbahn ausgearbeitetes General-Project im Allgemeinen festgelegt.

Nach diesem Projecte sollte der Sonnstein, Blatt 1, Fig. 3, einfache Linie, zum grössten Theile in offener Bahn umfahren, und es sollte nur in der nördlichen Partie ein Tunnel von circa 730 Meter Länge eingleisig hergestellt werden.

Es war jedoch zu befürchten, dass an den steilen Abhängen des Sonnsteins, dessen schütterer Waldbestand vor Jahren überdies durch verheerende Brände gelichtet worden war, in dem Bereiche vielfacher Geröll- und Lavinengänge die offene Bahn sowohl in ihrem Bestande als auch in der Sicherheit des Betriebes gefährdet wäre; ein Bedenken, welches durch die Erfahrungen an der Reichsstrasse am Fusse des Sonnsteins, die an jener Stelle mehrfach mit Schutzdächern versehen werden musste, bekräftigt wurde.

In Folge dessen entschloss sich die Bauunternehmung, die gänzliche Durchfahrung des Sonnsteins in einem einzigen Tunnel von circa 1430 Meter Länge zu beantragen, Blatt 1, Fig. 3, doppelte Linie, welchem Antrage auch von Seite der Staatsbehörde und der Kronprinz Rudolfbahn die Zustimmung erteilt wurde.

Diese definitive Trace ist eine Gerade, an welche sich am Tunnel-Eingange ein kurzer Bogen von 250 Meter Radius anschliesst. Der Tunnel liegt gegen Traunkirchen im Gefälle 1 : 400, gegen Ebensee in einem Gefälle 1 : 80, welches sich ununterbrochen bis in die Thalsole von Ebensee fortsetzt.

Die kurze Bauzeit machte es unerlässlich, für den Tunnel nebst dem Ein- und Ausgange noch andere Angriffspunkte zu gewinnen, und es wurde zu diesem Zwecke die Anlage von zwei Seitenstollen beschlossen, von welchen nebenbei auch in Zukunft eine wirksame Förderung der Ventilation erwartet werden konnte.

Blatt 1, Seitenstollen I und II.

Es sei hier gestattet, über die Vorarbeiten einige Bemerkungen einzuflechten.

Absteckung der Tunnelachse. Zur Zeit der ersten Tunnel-Aussteckung, Anfangs März 1876, war der Sonnstein wegen des hohen Schnee's nicht zugänglich, es konnte daher eine directe Uebertragung der Eingangs-Tangente auf die Ausgangsseite des Tunnels nicht stattfinden.

Aus diesem Grunde wurde eine indirecte Uebertragung mit Hilfe eines Polygonalzuges auf der Reichsstrasse, welche eine sehr genaue Messung der Polygonseiten und Winkel zulies, Blatt 2, Fig. 1, vorgenommen.

Im April wurde es möglich, am Sonnsteinrücken den Achsenschnitt von Ebensee her zu fixiren. Es konnte sodann von dem Standpunkte des Theodoliten am Sonnstein auf den Balkon eines Wohnhauses in Traunkirchen die Verlängerung der Tunnelachse übertragen und von jenem Punkte aus am Maderkogel ein Achspunkt ermittelt werden, von wo eine directe Visur zum Tunnel-Ausgang gerichtet werden konnte. Blatt 2, Fig. 2.

Obwohl diese letzte Visur mit der an das Polygon angeschlossenen Tunnelachse sehr gut übereinstimmte, so wurde doch eine weitere directe Controle vorgenommen. Nachdem aus der Generalstabskarte sich ergab, dass in der nach beiden Richtungen circa je um eine Meile verlängerten Tunnel-Geraden am Seeberge oberhalb Ebensee einerseits, und am Grünberge bei Gmunden anderseits solche Höhenpunkte zu finden seien, dass von diesen beiden Bergen über den Sonnstein hinüber gesehen werden konnte, so wurden vom Sonnsteinrücken aus auf diesen beiden Bergen die genauen Achspunkte bestimmt. Blatt 2, Fig. 2 und 3. Die Visur vom Grünberg über den Sonnstein zum Seeberg ergab eine vollständige Gerade, und da zugleich von diesen beiden Punkten die früheren Fixpunkte im Thale bei Ebensee, sowie am Maderkogel als richtig controlirt werden konnten, so war die richtige Aussteckung der Tunnel-Geraden als gesichert anzusehen.

Es haben sich auch in der That die Durchschläge sämtlicher Stollen als vollständig übereinstimmend ergeben.

Gesteins-Verhältnisse. Die geologischen Verhältnisse der Central-Alpen vorgelagerten nördlichen Zone jüngerer Gesteine sind im Salzkammergute seit Langem genau erforscht. Zum Theile ist dies die natürliche Folge der bergmännischen Aufschlüsse in den Salinen des Salzkammer-

gutes, zum Theile ist dies jedoch den wissenschaftlichen Forschungen zu danken, welche in Folge des grossen Reichthumes an charakteristischen Petrefacten mit Vorliebe jenem Gebiete sich zugewendet haben.

Es konnte also über die allgemeine Beschaffenheit der im Sonnstein-Tunnel zu erwartenden Gesteine kein Zweifel herrschen, und man konnte mit Bestimmtheit darauf rechnen, nur Kalke, Dolomite, Mergel etc. aus den Formationen zwischen Trias und Kreide bei der Durchföhrung des Sonnsteins anzutreffen. Gesteine der Urgebirge und Eruptiv-Gesteine waren ohne alle Frage ganz ausgeschlossen.

Diese Voraussetzungen wurden auch durch die Aufschlüsse in den Probegruben und angeschlagenen Stollen bestätigt.

Für die bautechnischen Zwecke sind aber derlei allgemeine geologische Erkenntnisse allein nicht massgebend, und auch am Sonnstein haben innerhalb eines kleinen Gebietes die Gesteine einer und derselben Formationsschichte oft eine sehr verschiedene Beschaffenheit in Bezug auf die Eignung als Bausteine und in ihrem Verhalten gegen das Sprengen und Bohren gezeigt.

Auf Grund sorgfältiger, von dem Ingenieur Herrn Carl Wagner im Sonnsteingebiete gepflogenen geologischen Erhebungen, lässt sich in Uebereinstimmung mit den während des Baues erfolgten Aufdeckungen im Tunnel und in den Seitenstollen das auf Blatt 1, Fig. 1, skizzirte geologische Profil entwerfen.

Am südlichen Eingange, im Seitenstollen I, am Eingange des Seitenstollens II und im Innern des Tunnels wurden Dolomite *a*, *a* von wechselnder Härte und Sprödigkeit angetroffen, welche der rhätischen Formation angehören.

In diese Dolomite eingelagert und im Hangenden durch eine weiche, dunkelgefärbte Kalkmergelschichte *b* scharf getrennt, erscheint ein weisser, sehr zäher dolomitischer Kalk *c*, in welchem keine Versteinerungen vorgefunden wurden und dessen genauere Classificirung daher noch aushaftet.

An diese Gesteine der rhätischen Formation schliessen sich zwei Glieder der Lias *d* und *e* an, welche von einem wenig festen Kalke *f* der oberen Jura überdeckt sind.

Die Schichte *d* ist von dichten, grauen oder rothen, dünngeschichteten, sehr hornsteinreichen Kalken gebildet, in welchen nur Belemniten besser erhalten, Steinkerne von Ammoniten meist nur in unbestimmbaren Exemplaren vorgefunden wurden.

Die Schichte *e* ist aus einem sandig kalkigen, grünlich-grauen Mergelschiefer zusammengesetzt, und gehört, nach den zahlreich vorkommenden Cephalopoden zu schliessen, zur untersten Lage des braunen Jura.

Die am Tunnel-Ausgange angedeutete Falte ist der Anfang von wiederkehrenden Knickungen und Faltungen, wie sie durch die nächstfolgenden Tunnels und Einschnitte aufgedeckt worden sind, Erscheinungen, welche bekanntlich dem Zusammenschieben horizontaler Gesteinsablagerungen bei dem Emporheben der Alpen zugeschrieben werden*).

*) Eingehende geologische Aufschlüsse über die gesamte Salzkammergut-Bahn von Herrn Bergrath H. Wolf finden sich in den Verhandlungen der geologischen Reichsanstalt Nr. 15, Sitzung vom 20. November 1877.

Bauarbeiten. Im März 1876 wurden die Seitenstollen, im April die Richtstollen an beiden Tunnel-Mündungen angeschlagen.

Die Richtstollen im Tunnel wurden als Sohlenstollen getrieben.

Das Aufbrechen am First in entsprechenden Entfernungen zur Eröffnung von Firststollen, der Ausbruch des ganzen Profils, die Zimmerung und die Ausmauerung wurden in der bei dem Sohlenstollenbetriebe üblichen Weise vorgenommen.

Figur 1.

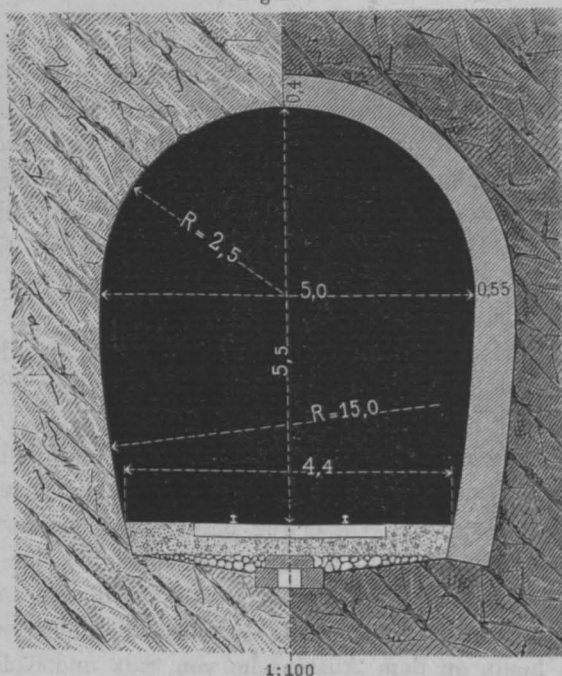
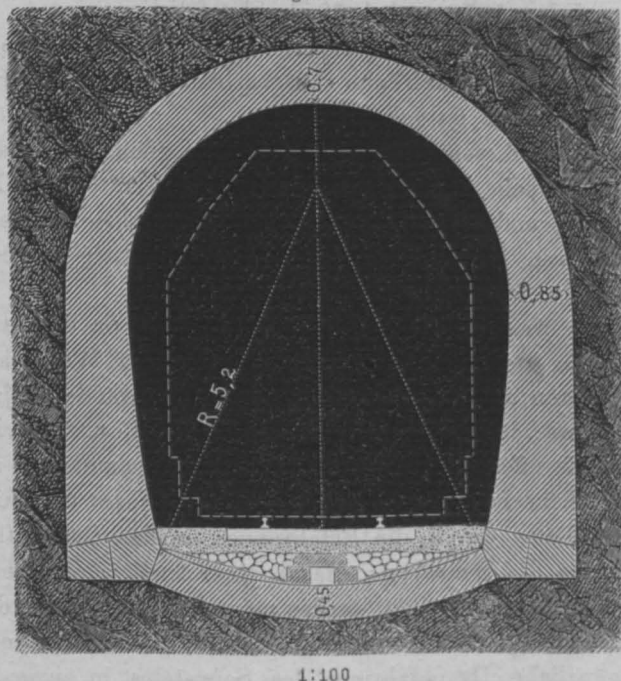


Fig. 1 stellt links das normale Felsenprofil in festem Kalke, rechts das Verkleidungsprofil im gewöhnlichen Dolomit, und Fig. 2 das normale Profil vor, welches in dem

Figur 2.



weichen Dolomite am Tunnel-Eingange, sowie im Mergelschiefer und Jurakalk am Tunnel-Ausgange zur Anwendung kam.

Die Widerlager wurden aus Bruchsteinmauerwerk hergestellt, wozu das Ausbruchmaterial des Tunnels nicht

verwendet werden konnte. Sowohl die Bruchsteine für die Widerlager, als auch die Hausteine für das Gewölbe und die Sohlengurten mussten sämtlich ausserhalb des Tunnels erzeugt und zum grössten Theile aus entfernten Brüchen über den See zugeführt werden.

Zum Mörtel wurde ausschliesslich hydraulischer Kalk und Cement verwendet.

Der Tunnel musste in der ganzen Länge gewölbt werden, mit Ausnahme von circa 300 Meter im festen dolomitischen Kalke, welche theilweise oder ganz ungewölbt bleiben konnten.

Der Seitenstollen I wurde in allen Phasen des Baues ausschliesslich zur Herausförderung des Ausbruchmaterials benützt, welches am Stolleneingange über ein einfaches Sturzgerüst in den See geschüttet wurde.

Dasselbe war bei dem Seitenstollen II so lange der Fall, bis die Tunnelachse erreicht war. Blatt 4, Fig. 2. Von da ab bis zum Durchschlag gegen Ebensee diente dieser Stollen zur Abfuhr des gesammten beiderseitigen Ausbruches aus dem Tunnel und zur Zufuhr der Wölbesteine und sonstigen Baumaterialien. Es musste daher später an der Stollenmündung ein grösseres Absturzgerüste und ein Aufzug hergestellt werden. Blatt 5, Fig. 1 bis 3.

Aehnliche Anlagen waren am Ein- und Ausgange des Tunnels ausgeführt.

Stollenfortschritt. Angesichts der bedeutenden Länge des Sonnstein-Tunnels musste das Bauprogramm für diesen Tunnel sehr sorgfältig in Uebereinstimmung mit dem Vollendungstermine des ganzen Bahnbauwerkes gebracht werden. Die täglichen Fortschritte in den Richtstollen und den beiden Seitenstollen, welche bei vierschichtigem Betriebe im Anfange durchwegs mehr als 1 Meter betrugen, bewegten sich auch in der ersten Bauperiode vollkommen innerhalb der Grenzen des Bauprogrammes. Ja der Fortschritt im Richtstollen an der Ausgangsseite des Tunnels war nach dem Anfahren des Mergelschiefers ein so befriedigender, dass man sich veranlasst sah, die Richtung des zweiten Seitenstollens von der Ausgangsseite abzulenken.

Als aber nach Durchföhrung der Dolomitschichte in diesem Seitenstollen der zähe dolomitische Kalk, und insbesondere als im Tunnel an der Ausgangsseite plötzlich der feste quarzreiche Kalk unter sehr starkem Wasserandränge angetroffen wurde, ging an diesen Orten der Fortschritt rapid zurück, so dass mit Handbohrung trotz forcirtem Betriebe oft nicht mehr als 0.6 Meter, ja mitunter sogar nur 0.4 Meter täglicher Stollenfortschritt erreicht werden konnte.

Zu Anfang des Jahres 1877 nahmen diese Verhältnisse einen geradezu acuten Charakter an, und der vielfache unvorhergesehene Wechsel in den zu durchföhrnden Gesteinsarten machte jede Berechnung illusorisch.

Auf Blatt 3, Fig. 2, ist der Stand des Stollenfortschrittes im Tunnel und in den Seitenstollen am 21. Jänner 1877 dargestellt.

Es waren zu jener Zeit in der mittleren massgebenden Strecke des Tunnels noch 629 Meter zu durchföhren und der zweite Seitenstollen war vor Ort noch 136 Meter von der Tunnelachse entfernt.

Der mittlere Tagesfortschritt von der Einbruchsstelle des ersten Seitenstollens her war im Jänner auf 0.97 Meter gesunken, im zweiten Seitenstollen betrug derselbe 0.9 und im Tunnel an der Ausgangsseite bloss 0.71 Meter. Am 14. Jänner war der Tagesfortschritt an den genannten Orten 1.7 Meter, 1 Meter und 0.5 Meter; es war aber vorauszusehen, dass die an der Eingangsseite angefahrne Mergelschichte von geringer Mächtigkeit sein werde. In der That trat auch nach wenigen Tagen an jener Stelle der zähe dolomitische Kalk wie im zweiten Seitenstollen auf.

Auf Grund der damaligen Sachlage hätte sich, obwohl ohne besondere Garantie des Zutreffens, für die Stollenarbeiten ein ungefähres Zukunftsprogramm ergeben, wie dieses auf Blatt 3, Fig. 3, dargestellt ist.

Rechnungsgemäss wäre der Einbruch des zweiten Seitenstollens in der Tunnelachse am 6. Juni und der entscheidende Durchschlag gegen Traunkirchen am 25. October 1877 zu erwarten gewesen.

Die übrigen Bauverhältnisse liessen es aber wünschenswerth erscheinen, diesen Durchschlag schon Anfangs August herbeizuföhren.

Es handelte sich also um eine anzustrebende Zeitersparniss von ungefähr 2½ Monaten.

Da an eine weitere Steigerung des ohnehin auf das Aeusserste forcirten Handbetriebes bei dem Stollenbau nicht zu denken war, so musste die Bauunternehmung gewissermassen in letzter Stunde die Frage der Maschinenbohrung in Erwägung ziehen.

Einföhrung des Maschinenbetriebes. Bei den gegebenen Verhältnissen waren natürlich grossartige Maschinenanlagen ausgeschlossen. Es war also die Wahl eines passenden Bohrmaschinen-Systems keine einfache.

Glücklicherweise war die Lösung dieser überaus schwierigen Aufgabe durch die erfolgreichen Bestrebungen hervorragender Fachgenossen an einem anderen Orte schon vorbereitet.

Um jene Zeit hatte nämlich Herr Alfred Brandt, damals Ingenieur der Gotthardbahn, die Conception eines neuen Bohrmaschinen-Systems — mit rotirendem Kernbohrer und hydraulischer Krafttransmission — schon so weit ausgebildet, dass mit demselben an dem Pfaffensprung-Tunnel bei Wasen im Reussthale Versuche in grösserem Massstabe durchgeföhrt werden konnten.

Die neuen Ideen hatten an dem Baudirector der Gotthardbahn, Herrn Hellwag, einen warmen Förderer gefunden; zwar hatten sie in der Hand eines wissenschaftlich gebildeten und gewiegten Constructeurs wie Brandt in rascher Aufeinanderfolge die Gestalt concreter Maschinen angenommen, aber dem richtigen Blicke Hellwag's, welcher die Tragweite der neuen Erfindung sofort erkannte, und seiner zielbewussten beharrlichen Durchföhrung ist es zu danken, dass das neue Bohrmaschinen-System über die ersten unvermeidlichen Schwierigkeiten hinweggebracht und noch am Gotthard über das Stadium des blossen Experimentes hinausgeföhrt werden konnte.

Eine weitere Vorbedingung des Erfolges lag in dem Umstande, dass die Ausföhrung der Maschinen der Maschinen-

fabrik Gebrüder Sulzer in Winterthur anvertraut war, und dass die Leiter dieses angesehenen Etablissements persönlich ihre bewährte Kraft für das Gelingen der schwierigen Aufgabe einsetzten.

Als jedoch die Versuchsarbeiten am Pfaffensprung so weit gediehen waren, dass praktische Resultate für eine neue einheitliche Anlage gezogen werden konnten, wurde das Gotthardbahn-Unternehmen von der bekannten Krisis ereilt, und es mussten alle weiteren Arbeiten vorläufig eingestellt werden. — Durch die freundlichen Mittheilungen des Herrn Hofrathes von Pischhof von den Ergebnissen der Probearbeiten am Pfaffensprung-Tunnel näher unterrichtet, fand sich die Bauunternehmung Ende Jänner 1877 veranlasst, an Ort und Stelle Erhebungen zu pflegen, wobei die Delegirten der Unternehmung von der Gotthardbahn-Direction in der entgegenkommendsten Weise unterstützt wurden.

Die Bohrversuche am Pfaffensprung liessen über die befriedigende mechanische Leistung der Bohrmaschine an sich keinen Zweifel übrig, ein eigentliches Resultat über Stollenfortschritt konnte naturgemäss bei der geringen Dauer und dem beschränkten Zwecke der dortigen Versuche nicht vorliegen. Auch war ein Rückschluss von den Erfahrungen im Gneis auf die gänzlich verschiedenen Gesteine des Sonnstains mit Sicherheit nicht zu ziehen.

Trotzdem entschloss sich die Bauunternehmung, ohne sichere Bürgschaft des praktischen Erfolges, den Versuch mit dem neuen Bohr-System am Sonnstain zu wagen, nachdem der Baustillstand an der Gotthardbahn es Herrn Brandt erlaubte, die Durchführung der Einrichtung für den Sonnstain persönlich in die Hand zu nehmen.

Zu diesem Entschlusse hatte nicht wenig ein Besuch im grossen Gotthard-Tunnel bei Göschenen beigetragen.

Obwohl seit Langem mit den verschiedenen Percussions-Maschinen vollkommen vertraut, so war doch der unvermittelte Abstand von der ruhig und beinahe geräuschlos arbeitenden Brandt'schen Maschine zu der augenfällig selbstzerstörenden Wirkung der Percussions-Maschinen mit dem Seitenblicke auf die colossalen Anlagen und die mit Bohrmaschinen angefüllten Reparatur-Werkstätten am Göschenen Tunnel-Eingänge zu sprechend, um nicht sofort zu dem Brandt'schen Bohrmaschinen-Systeme sich hingezogen zu fühlen. — Im Verlaufe weniger Tage wurden die Einrichtungen für die Maschinenbohrung am Sonnstain in den Grundzügen festgestellt; am 29. Jänner wurde von Gebrüder Sulzer ein Offert gelegt, und am 1. Februar seitens der Bauunternehmung angenommen.

Nach diesem Offerte musste innerhalb sechs Wochen eine Bohrmaschine sammt zugehörigen Betriebsmaschinen und nach weiteren zwei Wochen die andere Hälfte der Einrichtungen, im Ganzen für zwei Bohrmaschinen, loco Winterthur geliefert werden, wobei für Transport und Montirung circa 14 Tage hinzuzurechnen waren.

In der That war die Maschinenbohrung am Sonnstain am 11. April complet im Gange.

Bohrloch-Caliber. Die üblichen Stoss- oder Schlagbohrer, von Hand oder Percussions-Maschinen getrieben, sind ausschliesslich Vollbohrer.

Die aufzuwendende mechanische Arbeit nimmt bei solchen Bohrern mit der Bohrlochweite so rasch zu, dass in der gewöhnlichen Praxis die Grenzen des Bohrloch-Calibers von circa 25—35^{mm} von selbst gegeben sind.

Es wäre nutzlos, bei Stossbohrern die Frage der Wirkung von namhaft grösseren Bohrlöchern zu discutiren, und die Verwendung von Percussions-Maschinen im Stollenbetriebe führt von selbst auf das System, die Stollenbrust mit einer grossen Anzahl, wenn auch schwacher Minen abzusprengen.

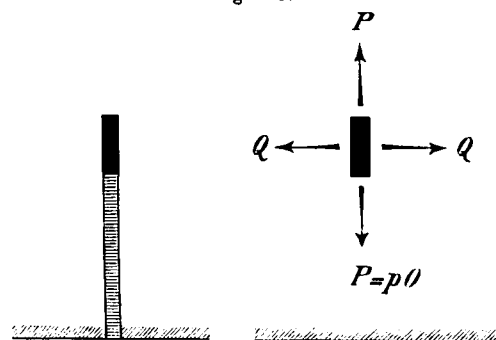
Der Kernbohrer der Brandt'schen Maschine gestattet, ja bedingt beinahe ein grösseres Caliber; bei der bisherigen Ausführung betrug dieses zwischen 40 und 100^{mm}, ohne principielle Grenze nach oben.

Die Leichtigkeit, mit verhältnissmässig wenig mehr Aufwand an mechanischer Leistung grosse Bohrlöcher herzustellen, bringt es mit sich, dass bei der Wahl des Bohrloch-Calibers in erster Linie die Sprengwirkung massgebend ist, und es ist eigentlich die wichtige und complicirte Frage des Bohrloch-Calibers durch die Brandt'sche Bohrmaschine neu angeregt worden.

In dem Bohrloche wird, namentlich mit Rücksicht auf die brisante Wirkung des Dynamites, der Zusammenhang des Felsens durch den Besatz wieder vollständig hergestellt, so dass die Sprengladung als im Innern des Felsens eingeschlossen zu betrachten ist.

Die bei dem Abschiessen entwickelten Gase üben, ein Bohrloch senkrecht zur freien Wand, Fig. 3, vorausgesetzt,

Figur 3.



seitliche Pressungen aus, welche sich gegenseitig aufheben und ein blosses Zerdrücken des Gesteins zur Wirkung haben. Die Abtrennung des Sprengkörpers wird durch die freie Kraft P eingeleitet, welche dem Gasdrucke auf die Bodenfläche O des Bohrloches gleich ist; also bei der spezifischen Initialspannung der Gase p

$$P = p \cdot O.$$

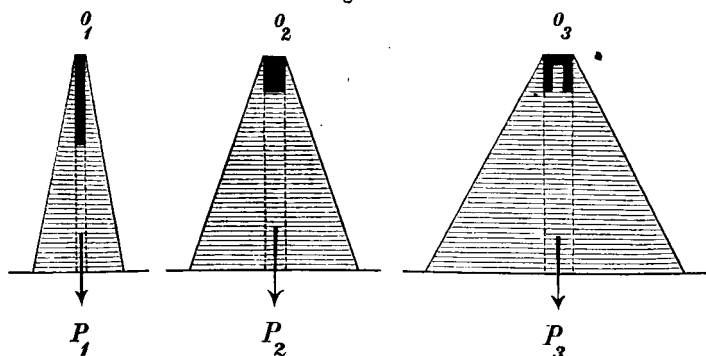
Es steht daher zu erwarten, dass die Sprengwirkung einer und derselben Dynamitmenge bei den drei verschiedenen Ladungen, Fig. 4, mit der Bohrlochweite in einem rapiden Verhältnisse zunimmt.

Wenn auch selbstverständlich die schliessliche Sprengwirkung auch von der eigentlich verrichteten mechanischen Leistung, also von der totalen Expansionsarbeit der Gase u. s. w. abhängig sein muss, so kann doch der gesteigerte Effect der grossen Initialspannung bei grossen Bohrlöchern nicht ganz paralysirt werden.

Versuche, welche Herr Brandt zur Feststellung der günstigsten Bohrloch-Caliber angestellt hat, haben obige Anschauung in überraschender Weise bestätigt.

Für die Wahl grosser Bohrlöcher war auch ein anderer Umstand massgebend. Die Construction der Brandt'schen Bohrmaschine in dem damaligen Stadium war darauf berechnet, dass nur mit einer Maschine vor Ort gebohrt werde.

Figur 4.



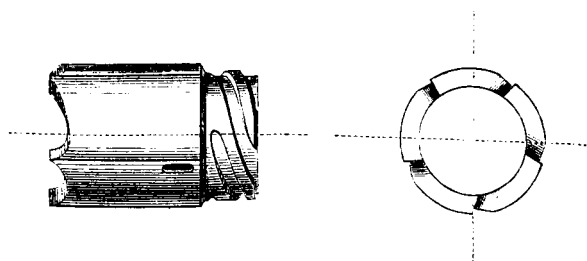
Obwohl sicherlich principiell kein Anstand besteht, mehrere Bohrmaschinen zugleich auf einem gemeinschaftlichen Gestelle wirken zu lassen, so konnte damals an eine so radicale Umwälzung der bestehenden Constructionen schon aus Mangel an Zeit nicht gedacht werden. Die gebotene Verwendung von blos einer Bohrmaschine vor Ort führt aber zu dem Bestreben, mit der möglichst geringen Anzahl Minen die Stollenbrust abzusprengen, ein Verfahren, welches von den üblichen Principien bei Anwendung von Percussions-Maschinen wesentlich abweicht und die nothwendige Anwendung möglichst grosser Bohrlöcher zur Folge hat.

Aus diesen Gründen wurde das Bohrloch-Caliber, welches bisher 40^{mm} betrug, für die Sonnstein-Maschinen von vorneherein mit 80^{mm} festgestellt und es wurden geringere Caliber nur für Vergleichsbohrungen in Aussicht genommen.

Die Bohrmaschine. Nachdem an einer anderen Stelle unserer Zeitschrift von einem hervorragenden Fachmanne bereits sehr treffende allgemeine Bemerkungen über das Princip der Brandt'schen Bohrmaschine gebracht wurden*) und seither auch in einer besonderen Publication**) eine vollständige Sammlung aller Constructions-Zeichnungen der für den Sonnstein gebauten Bohrmaschinen erschienen ist, so können wir uns hier auf solche Erörterungen beschränken, welche von allgemeinem wissenschaftlichen Interesse oder für den Zusammenhang der gegenwärtigen Mittheilungen unerlässlich sind.

Das eigentliche Werkzeug der Brandt'schen Bohrmaschine ist ein Kernbohrer aus Stahl, Fig. 5.

Figur 5.



*) „Die Brandt'sche Gesteins-Bohrmaschine.“ Mittheilung von Ober-Ingenieur Franz Ržiha. Wochenschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines vom 8. September 1877, Nr. 36.

**) „Brandt's hydraulische Gesteins-Bohrmaschine“, von A. Riedler. Wien 1877, bei Lehmann & Wentzel.

Dieser Bohrer rotirt sehr langsam, circa 5 bis 8 Touren per Minute, wird aber mit einem grossen Drucke gegen das Gestein gepresst.

Auch die Diamant-Bohrmaschine arbeitet mit einem Kernbohrer, aber unter sehr geringem Drucke und grosser Geschwindigkeit, 400 bis 600 Touren per Minute.

Die Arbeitsweise der beiden Bohrer ist daher eine grundsätzlich verschiedene; während bei der Diamant-Bohrmaschine ein Abschaben oder Schleifen des Gesteins bei sehr feinem Bohrmehl bewirkt wird, findet bei der Brandt'schen Bohrmaschine ein Zermahlen und förmliches Abbrechen oder Sägen des Gesteines bei sehr grobem, bröckligem Bohrmehle statt.

Die Wirkung des Brandt'schen Bohrers nähert sich also mehr der Wirkung eines Stossbohrers, wobei die intermittirende Stosskraft durch ruhige, continuirlich wirksame Druckkräfte ersetzt ist.

In der Einführung dieses echt mechanischen Principes liegt das Geheimniss des Erfolges.

Es sei nebenbei bemerkt, dass die ersten Spuren von Kernbohrern auf die älteste Culturperiode der Menschheit zurückführen; es finden sich aus der Steinzeit Beile erhalten, welche unvollendete Löcher für den Stiel besitzen, und man schliesst aus dem stehengebliebenen deutlichen Kerne, dass das Ausbohren mit Kernbohrern ähnlichen Werkzeugen stattgefunden haben musste.

Das Andrücken des Bohrers und das Drehen desselben, sowie das Feststellen des gesammten Bohrgestelles wird bei der Brandt'schen Bohrmaschine ausschliesslich durch hydraulische Vorrichtungen bewerkstelligt, welche eine bewunderungswürdige Consequenz in der Anwendung eines wissenschaftlichen Principes und eine reiche Fülle geistreicher Details zeigen.

Blatt 6 stellt die Ansicht einer Sonnstein-Bohrmaschine in dienstfähiger Aufstellung dar.

Der Bohrer ist mittelst eines röhrenförmigen Verlängerungsgestänges an den Kopf einer hydraulischen Presse befestigt, dem sogenannten Vorschub-Mechanismus, welcher sich an ein säulenförmiges Maschinengestelle, die Spannsäule, anlegt, und an dieser durch Stellringe in der entsprechenden Position gehalten und durch Spannschrauben festgestellt werden kann.

Der Vorschub-Mechanismus trägt ein Paar schnelllaufende Hydromotoren, welche mittelst Schnecke und Schneckenrad dem Bohrkopfe eine von dem Vorschube vollständig unabhängige rotirende Bewegung ertheilen.

Das hochgespannte Druckwasser wird durch eine enge Rohrleitung bis in die Nähe der Bohrmaschine gebracht, und gelangt, nachdem es einen Seiler passiert hat, aus einem Vertheilungskopfe durch ein Gelenkrohr, dem sogenannten Kettenschlauche, in die Hydromotoren und anderseits durch ein enges biegsames Kupferröhrchen in die Spannsäule. Aus dem Gelenkrohre wird überdies das Druckwasser durch ein zweites, in der Nähe des Regulirventiles der Hydromotoren abzweigendes Kupferröhrchen unabhängig in den Vorschub-Mechanismus geleitet, und wird dort durch einfaches Auf- und Niederdrücken des an der Steuerung

befindlichen Handhebels für den Vorschub, Stillstand oder Rückgang des Bohrers beliebig zur Wirkung gebracht.

Von dem einen Hydromotor fließt das verbrauchte Wasser durch einen Schlauch frei ab; von dem anderen jedoch wird dieses ganz oder theilweise durch einen Schlauch in das Innere des Kolbens des Vorschub-Mechanismus geleitet, von wo es durch ein isolirtes Rohr in der Achse des Apparates in den Bohrer gelangt, und eine continuirliche, sowohl dem Wasserdrucke als der Wassermenge nach, beliebig regulirbare Spülung des Bohrloches bewirkt. Das Spülwasser mit dem Bohrmehl dringt in dem Bohrloche, das Gestänge umhüllend, gegen die Bohrloch-Mündung zurück und fließt endlich zur Stollensohle frei ab.

Der Steinkern, welcher bei dem Bohren von dem ringförmigen Bohrer ausgespart wird, und an dessen Oberfläche die Arbeit des Bohrers in regelmässigen Schraubenlinien sichtbar wird, bleibt nicht im Ganzen stehen, sondern zerbricht in mehrere cylindrische Stücke und Scheiben, welche sich an einander abreiben und von Zeit zu Zeit gelegentlich des Einsetzens eines neuen Gestängstückes herausgeschüttet werden.

Bei sehr hartem Gesteine bleiben regelmässige Kerncylinder erhalten, bei weichem Gesteine wird der Kern ganz zu Gries zerrieben.

Um das Verdrücken des Bohrgestänges bei dem Ansetzen eines Bohrloches zu vermeiden, wird entweder die Stelle am Felsen mit dem Meissel zugerichtet, oder es wird das Loch mit dem Centrirbohrer, Fig. 6, entsprechend vorgebohrt.

Die Bohrer und Gestänge sind sämmtlich mit flachgängigen steilen Gewinden versehen, so dass das Umwechseln von Bohrern und Gestängstücken mit Hilfe einfacher Hilfswerkzeuge sich sehr bequem und rasch bewerkstelligen lässt.

Die Leistungsfähigkeit der Maschine richtet sich selbstverständlich nach der verfügbaren Spannung des Druckwassers.

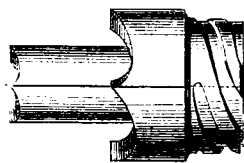
Es ist also die Wahl dieser Spannung, weil dieselbe auf die Construction der übrigen Betriebseinrichtungen von bestimmendem Einflusse ist, sehr wichtig.

Die Bohrmaschinen am Pfaffensprung waren für 40 Atmosphären Betriebsspannung construirt und bohrten 40^{mm} Löcher in Gneis mit entsprechender Leistung.

Für den Betrieb der Maschinen am Sonnstein wurde für 80^{mm} Löcher mit Rücksicht auf die weicheren Gesteine eine Spannung von 50 bis 60 Atmosphären in Aussicht genommen. Es stellte sich aber nach kurzer Zeit heraus, dass wir das Gestein unterschätzt hatten, indem diese Spannung, im festen Kalke wenigstens, nicht ausreichend war.

Als in Folge dessen eine solche Einrichtung getroffen worden, dass die Spannung des Druckwassers bis auf 100 bis 125 Atmosphären, je nach Bedarf, gebracht werden konnte, war im zweiten Seitenstollen der feste Kalk durchfahren und es zeigte sich ein so hoher Druck für den Dolomit nicht nothwendig.

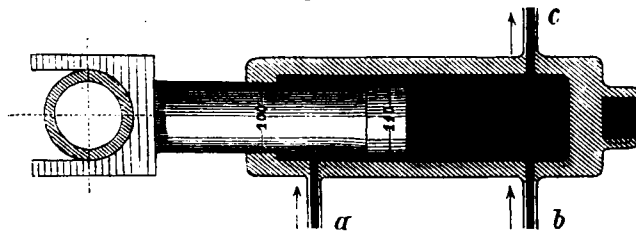
Figur 6.



In der Regel hatte das Druckwasser bei den Arbeiten am Sonnstein unmittelbar an der Bohrmaschine eine Spannung von circa 75 Atmosphären.

Der Vorschub-Mechanismus. Das Princip der Einrichtung ist aus der schematischen Skizze Fig. 7 ersichtlich.

Figur 7.



Das Vor- und Zurückschieben des Bohrkopfes beruht auf der Wirkung eines Differenzkolbens.

Die rückwärtige Cylinderseite ist ununterbrochen mit der Druckwasserleitung *a* in Verbindung. Lässt man in die vordere Cylinderseite bei *b* Druckwasser eintreten und sperrt den Abfluss *c* ab, so wird der Bohrkopf mit einem Drucke, entsprechend der Differenz der Kolbenflächen, vorgeschoben.

Wird *b* abgesperrt und *c* geöffnet, so bewegt sich der Bohrkopf mit einem Drucke, entsprechend der rückwärtigen äusseren Ringfläche des Kolbens, zurück; wird endlich *b* und *c* abgesperrt, bleibt der Bohrkopf stehen.

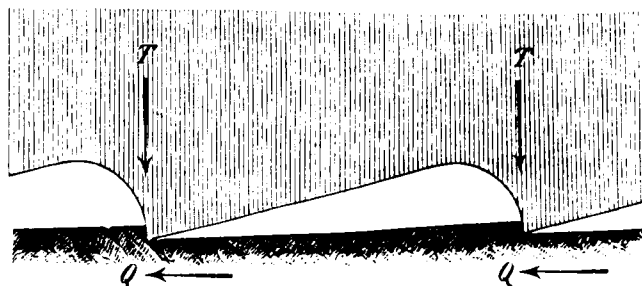
Die wirksamen Kolbenflächen sind $O = 79$ und $O_1 = 16 \text{ cm}^2$, entsprechend den massgebenden Kolbendurchmessern von $D = 110$ und $D_1 = 100 \text{ mm}$.

Bei einer wirksamen Spannung des Druckwassers von 75 Atmosphären findet demnach das Vorschieben mit einer Kraft von $p \cdot O = 6000$ Kilogr. statt, welche durch das Gestänge auf den Bohrer übertragen wird.

Bei dem 80^{mm} Bohrer vertheilt sich diese Pressung auf fünf Schneidekanten von 10^{mm} Länge, so dass die Schneidekanten, Fig. 8, mit einem Drucke *T* von je 1200 Kilogr. oder von 120 Kilogr. per Millimeter Kantenlänge gegen das Gestein gepresst werden.

Für das Zurückziehen des Bohrkopfes steht eine Kraft von $p \cdot O_1 = 1240$ Kilogr. zur Verfügung, so dass man die Hin- und Herbewegung des Vorschub-Mechanismus vollkommen in der Hand hat.

Figur 8.



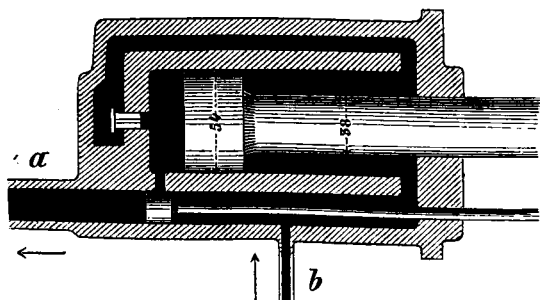
Der Wasserverbrauch des Vorschub-Mechanismus ist ein verschwindend kleiner und auch die verbrauchte mechanische Arbeit unbedeutend, kaum $\frac{1}{10}$ Pferdekraft.

Die Detail-Construction des Vorschub-Mechanismus ist aus Blatt 7, Fig. 8 bis 11, ersichtlich. Es ist zu bemerken, dass der Steuerkolben vollkommen entlastet ist, so dass bei der

Umsteuerung mit Hilfe des Handhebels nur ein geringer Widerstand zu überwinden ist. Der Steuerkolben hat grosse Deckungen, welche ein sicheres Abschiessen möglich machen und eine gewisse Marge in der Stellung des Hebels für das Verschieben, Zurückziehen und feststellen des Bohrkopfes gestatten.

Der Motor. Die schematische Skizze Fig. 9 soll das Princip der Hydromotoren veranschaulichen.

Figur 9.



Der Arbeitskolben ist ein Differenzkolben. Die Vorderseite des Cylinders ist ununterbrochen mit der Druckwasserleitung *b* in Verbindung.

Die Vertheilung des Druckwassers geschieht nur auf der rückwärtigen Cylinderseite mit Hilfe eines Steuerkolbens. Der Abfluss des verbrauchten Wassers findet bei *a* statt.

Die vordere Cylinderseite wird bei dem Hingange des Arbeitskolbens direct aus der Druckwasserleitung gefüllt.

Die Admission des Druckwassers auf der rückwärtigen Cylinderseite geschieht beim Rückgange des Kolbens zum Theile durch directes Zuströmen von frischem Druckwasser, zum Theile durch Zurückströmen des Druckwassers aus der vorderen Cylinderseite. Der Abfluss des verbrauchten Wassers findet während eines Doppelhubes nur einmal, nämlich beim Hingange des Arbeitskolbens statt.

Der Steuerkolben wird durch eine Gegenkurbel bewegt, die unter 90° gegen die Hauptkurbel gestellt ist. Ein Voreilen findet also nicht statt, und die Deckungen des Steuerkolbens schliessen den Canalspalt bei dem Hubwechsel des Arbeitskolbens vollkommen ab.

Hiedurch ist jeder Wasserverlust hintangehalten und der wirksame Hub des Treibkolbens ist nur um wenige Millimeter reducirt. Das gegen Ende des Kolbenhubes rückwärts eingeschlossene Wasser findet seinen Austritt durch ein kleines, selbstthätig wirkendes Ventil, welches die Communication mit der Druckwasserleitung vermittelt. Durch diese sinnreiche Einrichtung wird jeder Stoss bei dem Hubwechsel vermieden, und es sind alle die Schwierigkeiten, welche in Folge der Uncompressirbarkeit des Wassers bei dem raschen Gange solcher Apparate sonst unüberwindlich wären, mit einem Schlage beseitigt.

Der Kolbenhub der Hydromotoren beträgt $s = 60^{\text{mm}}$.

Die Kolbendurchmesser sind $D = 54$ und $D_1 = 38^{\text{mm}}$, die wirksame Kolbenfläche ist somit in jeder Richtung der Bewegung gleich, und zwar:

$$O = 11.45 \square^{\text{cm}}.$$

Die beiden Hydromotoren arbeiten unter rechtem Winkel auf die gemeinsame Kurbel beziehungsweise Schneckenwelle.

Diese macht bei regelmässiger Arbeit 180 bis 220, im Maximum circa 300 Touren per Minute.

Der Steuerungskolben ist vollkommen entlastet, die Dichtungen bestehen sämmtlich aus Lederscheiben, welche nach Bedarf angezogen werden können, die Gussteile sind aus Metall, die geschmiedeten Bestandtheile aus Stahl hergestellt, Blatt 7, Fig. 4 bis 7.

Der theoretische Druckwasserverbrauch beider Hydromotoren beträgt per Umdrehung

$$V = 2 \times O \times 2s = 0.275 \text{ Liter},$$

oder bei $n = 200$ Touren per Minute 0.92 Liter in der Secunde, beziehungsweise 3.3 Kub.-Meter in der Stunde.

Der wirkliche Wasserverbrauch ist etwas grösser, und zwar je nach dem Zustande der Liderungen; bei guter Beschaffenheit derselben beträgt der Mehrverbrauch ungefähr 5 Percent.

Die auf die Kolben der Hydromotoren ausgeübte Druckkraft ist, unter wiederholter Annahme eines Betriebswasserdruckes von 75 Atmosphären

$$P = p \cdot O = 890 \text{ Kilogr.}$$

Die in den Hydromotoren somit geleistete mechanische Arbeit ist, in Pferdekraften ausgedrückt:

$$N = 2 \cdot \frac{P \cdot s \cdot n}{60 \cdot 75},$$

oder beziehungsweise

$$\text{bei } n = 180 \quad 200 \quad 250 \quad 300 \text{ Touren,}$$

$$N = 8.5 \quad 9.5 \quad 12 \quad 14 \text{ Pferdekraften.}$$

Es entwickeln also die unscheinbaren Wassersäulen-Maschinen eine sehr bedeutende mechanische Arbeit, welche die Stärke gewöhnlicher Percussions-Maschinen um ein vielfaches übersteigt.

Der Effect des Druckwassers in den Hydromotoren wird verringert durch den Gegendruck des Spülwassers in dem Einen Motor und durch die eigenen Widerstände in der Maschine.

Der Gegendruck des Spülwassers, welcher immerhin einige Atmosphären beträgt, ist an und für sich nicht unbedeutend, im Verhältnisse jedoch zu der hohen Spannung des Druckwassers fällt dieser Effectverlust nicht sehr in's Gewicht.

Unter den eigenen Widerständen der Maschine spielt offenbar die Reibung in der Schnecke die Hauptrolle. Bezeichnet Q_1 die Kraft, welche die Hydromotoren ausüben, Q die durch das Schneckengetriebe auf den Bohrer übertragene Kraft nach Abzug der Schneckenreibung, also

$$Q = \gamma \cdot Q_1,$$

und berechnet man nach den gewöhnlichen Grundsätzen für das vorliegende Getriebe den Reibungswiderstand unter Annahme eines Reibungs-Coëfficienten von bloss $f = 0.05$, so ergibt sich $\gamma = 0.7$ und der Verlust in Folge der Schneckenreibung entsprechend

$$1 - \gamma = 0.3,$$

zu 0.3, d. h. 30% der motorischen Kraft.

Arbeiten die Hydromotoren mit einer mittleren Leistung von zehn Pferdekraften, so wäre die Schnecke demnach mit einer Fraise zu vergleichen, welche drei Pferdekraften verbraucht. — Einem solchen Angriffe könnte das Getriebe auf die Dauer nicht widerstehen.

Aus diesem Grunde hat auch das Schneckengetriebe im vorhinein zu ernstesten Bedenken Veranlassung gegeben. Diese Besorgnisse sind aber durch die Erfahrung vollständig zerstreut worden. Das Rad ist aus Rothguss, die Schnecke aus Stahl hergestellt und sorgsam gehärtet. Die Berührungsflächen nehmen nach kurzer Zeit einen hohen Grad von Politur an und es ist kaum eine Spur eines Verschleisses zu bemerken; auch findet keine Erhitzung statt. Man muss daraus schliessen, dass die Schneckenreibung eine viel geringere ist, als man gewöhnlich voraussetzt oder als sonst der Fall ist. Nimmt man an, der Reibungs-Coëfficient betrage nicht mehr als 0·02, was nach Versuchen von Herrn Carl Pfaff allerdings für geschabte Flächen zulässig erscheint, so würde sich $\gamma = 0·85$ und der Effectverlust im Schneckengetriebe entsprechend

$$1 - \gamma = 0·15$$

zu 0·15, oder 15% der motorischen Kraft berechnen, was der Wahrheit ziemlich nahe kommen dürfte. Mit Berücksichtigung der übrigen Widerstände wird man den Wirkungsgrad der ganzen Bohrmaschine etwa zu $\eta = 0·7$ annehmen können.

Das Schneckenrad hat 38 Zähne, es berechnet sich demnach das auf den Bohrer wirkende Torsionsmoment zu

$$(PR) = \eta \cdot 38 \cdot \frac{2 \cdot 2 \cdot P \cdot s}{2 \pi}$$

oder $(PR) = 900$ Kilogr.-Meter.

Der mittlere Durchmesser des 80^{mm} Bohrers ist 70^{mm}. Reducirt man somit die wirksame Torsionskraft auf den eigentlichen Angriffsort in der Peripherie des Bohrers, so ergibt sich eine Gesamt-Schneidekraft von

$$P = \frac{900}{0·035} = 29000 \text{ Kilogr.}$$

Diese Kraft auf die 5 Zähne des Bohrers gleichmässig vertheilt, entfällt per Zahn die enorme Schneidekraft von 5800 Kilogr., welche den Bohrer als eine rotirende Säge, Fig. 8, von solcher Wirksamkeit erscheinen lässt, dass auch der härteste Granit nicht zu widerstehen vermag.

Die Spannsäule. Aus dem Schema, Fig. 10, geht hervor, dass auch die Construction der Spannsäule auf dem Principe einer hydraulischen Presse mit Differenzkolben beruht.

Die untere Seite des Cylinders steht ununterbrochen mit der Druckwasserleitung *a* in Verbindung. Je nachdem in dem oberen Theile der Säule die Communication mit der Druckwasserzuleitung *b* oder Ableitung *c* hergestellt oder beides abgesperrt wird, muss das Verspannen, Zurückgehen oder Feststellen der Säule erfolgen.

Die Durchmesser des Kolbens sind $D = 156^{\text{mm}}$ und $D_1 = 146^{\text{mm}}$; demnach die wirksamen Kolbenflächen $O = 167$ und $O_1 = 24 \square \text{ cm}$.

Bei 75 Atmosphären Druck wird mithin das Verspannen der Säule mit einer Pressung von

$$p \cdot O = 13000 \text{ Kilogr.}$$

und das Zurückziehen mit

$$p \cdot O_1 = 1860 \text{ Kilogr.}$$

bewirkt, so dass die Säule unverrückbar festgestellt und mit Leichtigkeit abgerüstet werden kann.

Der Cylinder der Spannsäule ist aus Schmiedeisen, der Kolben aus Gusseisen hergestellt; ein besonderer Stellring verhindert das selbstthätige Zurückgehen der Säule beim Abstellen des Druckwassers, ein oben angebrachtes Ventil dient zum Auslassen der Luft. Blatt 7, Fig. 1 bis 3.

Das Gewicht der mit Wasser gefüllten Spannsäule beträgt cca. 140 Kilogr., jenes der eigentlichen Bohrmaschine cca. 120 Kilogr. und das Gewicht der gesamten Maschine sammt Gestänge betriebsfähig aufgestellt cca. 300 Kilogr.

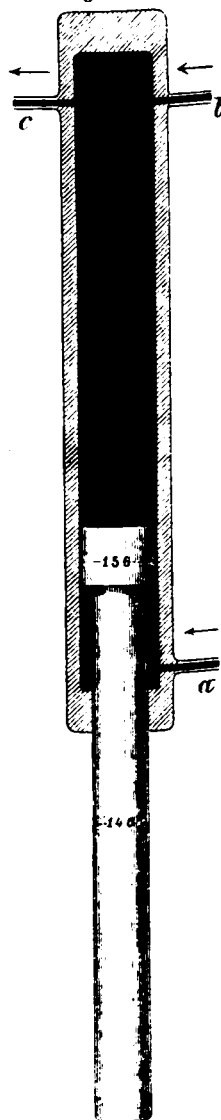
Betriebsanlage. Die für den Betrieb der Bohrmaschinen am Sonnstein hergestellte Maschinenanlage kann insofern nicht als Muster angesehen werden, als wegen Mangel an Zeit und auch aus Ersparungsrücksichten, zum Nachtheile der einheitlichen Durchführung, vorhandene Maschinen-Modelle, Dampfkessel etc. benützt werden mussten; die allgemeine Disposition kann aber auch für eine Neuanlage zum Vorbilde dienen.

Am Eingange des für den Maschinenbetrieb bestimmten Seitenstollens, Blatt 4, wurde zwischen Reichsstrasse und See an geeigneter Stelle ein Plateau hergestellt, und auf diesem die Maschinenanlage für den Betrieb der Bohrmaschinen und für die Ventilation des Stollens vereinigt. Die Lage unmittelbar am See war für die Beschaffung des Wassers für die Bohrmaschinen und die Dampfkessel und für die Zufuhr des Brennmaterials zu Wasser ausserordentlich günstig.

Durch eine Circular-Pumpe wird das gesamte Betriebswasser aus dem See in ein Reservoir gehoben. Ein Paar directwirkende Dampfpumpen dienen zur Compression des Wassers, welches in einer engen Rohrleitung entlang der Stollensohle bis vor Ort geleitet wird. In die Druckwasserleitung ist als wesentlicher Bestandtheil ein Accumulator eingeschaltet. Ein Schleifstein dient zum Nachschleifen der Bohrer; eine Drehbank, Feilbank und eine Feldschmiede bilden die gesamte Reparatur-Werkstätte zum Instandhalten der Maschinen. Ein Paar Dampfkessel mit separater Dampfspeisepumpe und Vorwärmer liefern die Betriebskraft für die Druckpumpen; Circular-Pumpe, Ventilator, Drehbank und Schleifstein werden für sich durch eine Locomobile betrieben. Ein Material-Magazin und Canzleiräume bilden den Abschluss der gewiss einfachen Werkstätte, in welcher nebenbei auch kleine Reparaturen für das rollende Material auf der Strecke besorgt wurden.

Accumulator. Der Accumulator war ursprünglich so eingerichtet, dass die Belastung desselben durch den auf einen Gegenkolben wirkenden Kesseldampf hervorgebracht

Figur 10.



wurde. Später wurde er, Fig. 11, in einen Gewichts-Accumulator umconstruirt, so dass die Belastung durch Zulegen oder Abnehmen von Gewichten, je nach dem erforderlichen Drucke des Betriebswassers, beliebig regulirt werden konnte. Eine Federbüchse, Fig. 15, Blatt 7, dient zur Abschwächung der Stösse bei dem Anhube.

Das Druckwasser tritt bei *a* in den Accumulator-Cylinder ununterbrochen ein. Wenn die Pumpen mehr Wasser zuführen als verbraucht wird, steigt der Accumulator-Kolben über die obere Stopfbüchse hinaus und lässt das Wasser durch ein Ueberfallrohr *b* in das Reservoir zurückfliessen.

Der Kolben hat $D = 60$ und $D_1 = 39^{\text{mm}}$ Durchmesser; die wirksame Druckfläche beträgt somit $O = 16.3 \square^{\text{cm}}$.

Die gewöhnliche Belastung inclus. Eigengewicht betrug cca. 1450 Kilogr., was einem specifischen Drucke von cca. 85 Atmosphären als durchschnittliche Betriebsspannung des Druckwassers entspricht. Ausnahmsweise wurde der Accumulator bis circa 100 Atmosphären und darüber belastet.

Der Kolbenhub beträgt 500^{mm} , die ganze vom Accumulator aufgenommene Wassermenge ist daher nur 0.8 Liter, also kaum hinreichend, um den Hydromotoren einer Bohrmaschine für bloß drei Umdrehungen das erforderliche Betriebswasser zu liefern.

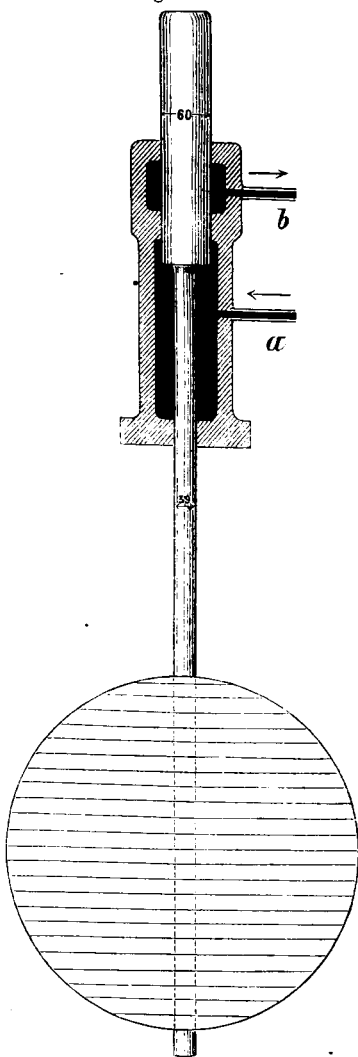
Es geht hieraus schon hervor, dass der Apparat nicht als Accumulator im gewöhnlichen Sinne functioniren kann; zur Ausgleichung und Limitirung des Druckes sind aber die Dimensionen vollkommen ausreichend.

An der Bewegung des Accumulators kommt die leiseste Veränderung oder Störung in dem Gange der Bohrmaschinen im Stollen sofort in überraschender Anschaulichkeit zum Ausdrucke, so dass jedes andere Verständigungsmittel zwischen Bohrmaschine und Maschinenhaus vollkommen entbehrlich wird.

Druckpumpen. Das Druckwasser wird durch zwei doppelt wirkende Saug- und Druckpumpen geliefert. Das Charakteristische an den Pumpen besteht in grossen Ventilen mit geringem Hube, und weiten Durchgangs-Querschnitten. Blatt 7, Fig. 12 bis 14.

Der Kolben ist mittelst Lederscheiben gedichtet, welche während des Ganges von aussen angezogen werden können.

Figur 11.



Die Pumpen haben durchgehende Kolbenstangen und werden von direct wirkenden Dampfmaschinen getrieben.

Die Construction war für den gleichzeitigen Betrieb von zwei Bohrmaschinen bei circa 60 Atmosphären Druck berechnet; dementsprechend waren die Dimensionen der Pumpen und Dampf-Cylinder gewählt.

Als später eine Erhöhung des Druckes sich als nothwendig herausstellte, blieb nichts Anderes übrig, als den Querschnitt der Pumpen durch Ausbüchsen der Pumpen-Cylinder zu reduciren, da die motorische Kraft durch die vorhandenen Dampf-Cylinder limitirt war.

In dem nämlichen Verhältnisse musste natürlich der Gang der Pumpen auf Kosten ihres Effectes beschleunigt werden. Es sind also die Druckpumpen in dieser Beziehung nicht als eine normale Construction anzusehen.

Die definitiven Dimensionen sind:

Durchmesser des Kolbens	$D = 53^{\text{mm}}$,
" der Kolbenstange	$d = 36^{\text{mm}}$,
Wirksamer Kolbenquerschnitt	$O = 12 \square^{\text{cm}}$,
Kolbenhub	$s = 240^{\text{mm}}$.

Die theoretische Wasserlieferung der beiden Pumpen ist per Umdrehung $2.2. O.s = 1.15$ Liter; verglichen mit dem theoretischen Wasserverbrauche einer Bohrmaschine von 0.275 Liter per Umdrehung der Schneckenwelle

$$\frac{0.275}{1.15} = 1:4,$$

und bei dem Betriebe von zwei Bohrmaschinen

$$\frac{2 \times 0.275}{1.15} = 1:2.$$

Es sollte daher für die Druckpumpen, eine mittlere Bohrmaschinen-Geschwindigkeit von $n = 200$ Touren vorausgesetzt, bei Ausserachtlassung aller Verluste, eine mittlere Geschwindigkeit von

$n_1 = 50$ für den Betrieb von einer Bohrmaschine,
 $n_2 = 100$ " " " " zwei Bohrmaschinen
 Touren per Minute entsprechend sein.

In der Wirklichkeit war eine bedeutend grössere Geschwindigkeit erforderlich, ungefähr

$$n_1 = 65-85,$$

$$n_2 = 150-200,$$

je nach dem Zustande der Liderungen der Pumpen und der Beschaffenheit aller übrigen Dichtungen.

In der Differenz kommen der Wasserverbrauch des Vorschub-Mechanismus, ferner der Mehrverbrauch der Hydromotoren und die Minderleistung der Pumpen gegen die theoretische Berechnung, sowie die gesammten Wasserverluste auf dem Wege von den Pumpen zu den Bohrmaschinen zum Ausdrucke. Es ist dies mit Rücksicht auf den abnorm raschen Gang der Pumpen ein sehr günstiges Resultat.

Die Pumpen hatten unter gewöhnlichen Verhältnissen Druckwasser von 85 Atmosphären zu liefern. Dem entspricht ein Druck auf die Pumpenkolben von

$$P = p. O = 1050 \text{ Kilogr.}$$

und eine erforderliche theoretische Betriebskraft für die Dampfpumpen von

$$N = 2 \frac{2 \times P.s.n}{60 \times 75}$$

Pferdekkräfte, oder bei den oben genannten Tourenzahlen

$$n_1 = 65-85, N_1 = 14.5-19,$$

$$n_2 = 150-200, N_2 = 33.5-45$$

Pferdekkräfte für den Betrieb von einer, beziehungsweise zwei Bohrmaschinen. Diese Ziffern sind um das Mindervolumen des von den Pumpen gelieferten Druckwassers zu gross, um die Effectverluste zu klein, also mehrfachen Correcturen zu unterwerfen; immerhin geht daraus hervor, dass von den Bohrmaschinen ziemlich bedeutende Anforderungen an die Betriebskraft gestellt werden.

Betriebskraft. Die Dampf-Cylinder der Pumpen haben 240^{mm} Kolbendurchmesser und 240^{mm} Hub, sind mit Dampfhemd und Schalung versehen; sie haben eine einfache Steuerung mit Trick'schem Schieber ohne Expansion, sind also bei circa 5½ Atmosphären Ueberdruck-Dampfspannung im Kessel vollkommen hinreichend, die erforderliche Leistung zu entwickeln.

Für den Betrieb der Dampfpumpen dienten zwei stabile Röhrenkessel, welche schon einmal ganz kurze Zeit für den probeweisen Betrieb von Burleigh'schen Bohrmaschinen bei dem Baue der Giselabahn in Verwendung gestanden waren.

Die Heizfläche beider Kessel beträgt:

$$F = 2 \times 13.6 = 27.2 \text{ } \square \text{ Meter,}$$

entsprechend einer normalen Leistung von 20 bis 30 Pferdekkräften bei guter Kohle und Bedienung.

Die Dampfkessel waren also für die gesteigerte Leistung der Dampfpumpen entschieden zu klein; in der That konnten zwei Bohrmaschinen nur mit bester Kohle und forcirter Feuerung bedient werden, und wenn die Bohrschicht 3½ statt 3 Stunden dauerte, war es schon schwer, die Dampfspannung zu erhalten.

Die Dampfkessel waren Tag und Nacht in Betrieb bei einer effectiven täglichen Bohrzeit, beziehungsweise Arbeitszeit der Pumpen von circa 12 Stunden.

Die Locomobile für den Ventilator und die übrigen Hilfsmaschinen war unausgesetzt im Gange.

Der gesammte Brennmaterial-Verbrauch betrug, der entwickelten Betriebskraft entsprechend, cca. 2000—3000 Kilogr. guter Steinkohle per 24 Stunden.

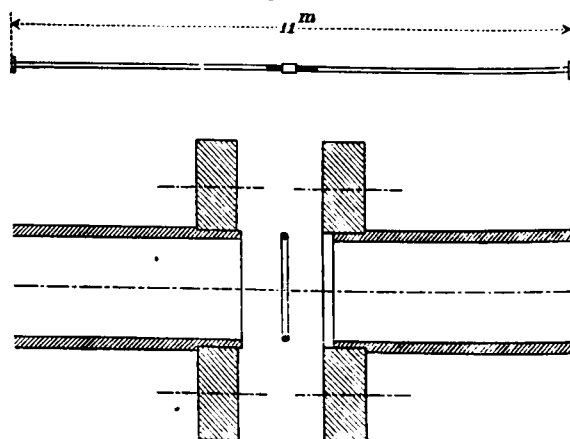
Druckleitung. Die Druckwasserleitung wurde aus schmiedeisernen, gezogenen, mit Ueberlappung geschweissten Röhren hergestellt. Je zwei Röhrenstücke von circa 5.5 Meter Länge waren mittelst Schraubenmuffe zu einem einzigen Rohre von circa 11 Meter Länge vereinigt.

Die Verbindung dieser Röhren geschah durch aufgelöthete gedrehte Flantschen mit zwischengelegtem Kautschuk- oder Lederring in versenktem Falz, um das Herauspressen der Dichtung zu verhindern. Fig. 12.

Die Rohrleitung im Stollen bis zur Abzweigungsstelle im Tunnel hatte 50^{mm} lichten Durchmesser, die Röhrenstränge von dort bis zu den Bohrmaschinen 38^{mm} und nur das letzte Stück in einer variablen Länge von 6 bis 20 Meter, welches jedesmal nach Beendigung der Bohrschicht zurücktransportirt werden musste, hatte, des geringen Gewichtes wegen, bloss 25^{mm} Weite.

In Entfernungen von je 100 zu 100 Meter waren in der Rohrleitung stopfbüchsenartige Dilations-Vorrichtungen und am Ende der Rohrleitung ein Sicherheitsventil eingeschaltet.

Figur 12.



Sowohl das Rohrmaterial als auch die altbewährte Rohrverbindung haben sich als mustergiltig erwiesen; obwohl lange Zeit in Folge einer rückständigen Schraubensendung in den Flantschen bloss zwei statt vier Schrauben eingezogen waren, hat die Druckwasserleitung eine über alle Erwartung vollkommene Dichtigkeit gezeigt und nie zu der geringsten Störung Veranlassung gegeben.

Ein sehr wichtiges Moment ist der Druckverlust in der Rohrleitung. Nach hydraulischen Grundsätzen berechnet sich derselbe zu

$$Z = (\zeta + \zeta_1 + \zeta_2 \dots) \frac{v^2}{2g},$$

wenn v die Geschwindigkeit des Wassers und ζ die einzelnen hydraulischen Widerstands-Coëfficienten bezeichnet.

Nach der gewöhnlichen Annahme sind diese Coëfficienten von der Länge und dem Durchmesser der Leitung, von dem Querschnittsverhältnisse bei Verengungen, von dem Ablenkungswinkel der Kniee u. s. w. abhängig, nicht aber vom Drucke in der Leitung. Der Druckverlust fällt demnach umso weniger in's Gewicht, je grösser der Druck ist, und es erscheint die Anwendung von sehr hohem Drucke, wenn auch die Annahme, dass die hydraulischen Widerstände von dem Drucke in der Leitung ganz unabhängig seien, für hohe Pressungen augenscheinlich nicht richtig ist, ausserordentlich vorthellhaft.

Die Rohrleitung am Sonnstein erreicht eine Länge von circa 600 Meter und die Geschwindigkeit des Wassers in der Leitung betrug 0.75 bis 1.0 Meter. Die Rechnung ergibt für diese Verhältnisse einen Druckverlust von wenigen Atmosphären, also eine gegen den Druck von 80 bis 100 Atmosphären verschwindende Ziffer.

In der That konnte durch Beobachtungen an Manometern während des Ganges der Bohrmaschinen, obwohl in Folge des Ansteigens der Rohrleitung allein schon ein Gefälle von 2.5 Atmosphären in Abschlag zu bringen ist, nicht mehr als 5 bis 10 Atmosphären Druckverlust constatirt werden.

Verlässliche Resultate, welche feinere wissenschaftliche Beobachtungen erfordert hätten, wurden nicht erzielt, weil geeignete Manometer für so hohe Pressungen nicht zur Verfügung waren, ein genaues Ablesen in Folge der heftigen

Oscillationen der Zeiger an den vorhandenen Manometern nicht möglich, und weil die ganze Aufmerksamkeit durch die täglichen Anforderungen des praktischen Dienstes in Anspruch genommen war.

Nutzeffect. Betrachtet man die ganze Bohrmaschinen-Anlage vom abstracten Standpuncte der blossen mechanischen Leistung, so kann man etwa annehmen:

den Wirkungsgrad der Dampfpumpen als solche zu 0·8,
den Wirkungsgrad der hydraulischen Kraft-

Transmission in Folge der Wasserverluste zu . 0·8,
und in Folge der Druckverluste zu 0·9,
den Wirkungsgrad der Bohrmaschine 0·7,
so dass der Gesamt-Wirkungsgrad zu

$$\eta = 0\cdot8 \times 0\cdot8 \times 0\cdot9 \times 0\cdot7 = 0\cdot4,$$

oder der Nutzeffect zu 40% der aufgewendeten mechanischen Arbeit bewerthet werden kann.

Wenn man berücksichtigt, dass durch je eine Bohrmaschine mindestens acht Pferdekkräfte auf den Bohrer übertragen, und bei dem Betriebe von zwei Bohrmaschinen im Maschinenhaus höchstens 40 Pferdekkräfte entwickelt werden konnten, so wird man auf das nämliche Resultat geführt.

Diese Ausnützung der mechanischen Arbeit ist aber im Vergleiche mit Percussions-Maschinen, welche mit comprimierter Luft arbeiten, eine ausserordentlich günstige. Es liegt hierin ein grosser Vorzug des Brandt'schen Bohrmaschinen-Systemes, weil das schliessliche praktische Resultat der Bohrarbeit im Grossen und Ganzen von der Menge mechanischer Arbeit abhängig ist, welche an der Angriffsstelle des Bohrers zur Wirkung gebracht wird.

Ventilation. Zur Ventilation des Stollens diente ein Ventilator von 750^{mm} Flügeldurchmesser.

Nachdem zur Zeit der Installation die Ansichten, ob es zweckmässig sei, die Ventilation durch Ansaugen der verdorbenen Luft oder durch Zuführung frischer Luft vor Ort zu bewirken, wie gewöhnlich sich schroff gegenüberstanden, so wurde vorsichtshalber der Ventilator derart eingerichtet, dass man durch blosses Umsetzen der Windleitung am Ventilator von dem einen Systeme zu dem anderen übergehen konnte.

In der ganzen ersten Periode der Maschinbohrung functionirte der Ventilator als Saugventilator.

Die Windleitung hatte 200^{mm} Durchmesser und war aus dünnen 6 Meter langen verbleiten Eisenblechrohren hergestellt, gerade nur so stark im Bleche, dass man darauf treten konnte, ohne die Rohre einzudrücken.

Die Verbindung geschah durch Ueberschubmuffen, Fig. 13, die von beiden Seiten mittelst Kautschukschnüren, Hanfstricken oder auch blos mit Lehm gedichtet waren.

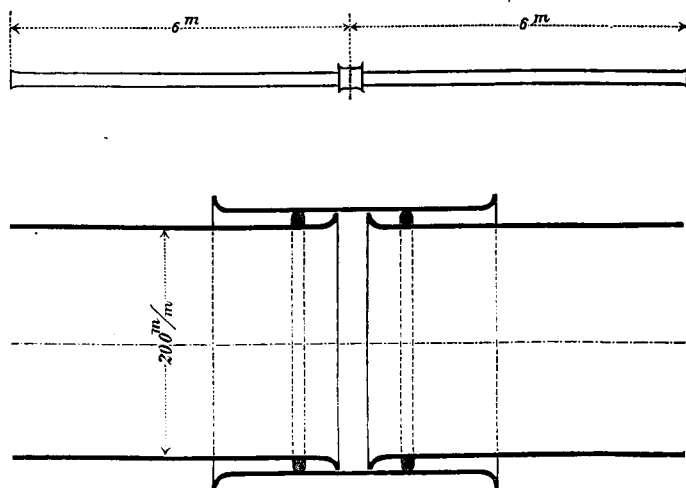
Diese Art Windleitung hat sich in jeder Beziehung vorzüglich bewährt.

Auch die Ventilation hat im Seitenstollen, wo blos an der Stollenbrust Minen abgeschossen wurden, vollkommen entsprochen, und es ist das Saug-System zur vollen Geltung gelangt.

Die verdorbene Luft vor Ort wird bei diesem Systeme an der Stelle, wo sie sich entwickelt, rasch weggesaugt und

es dringt die frische Luft von der Stollenmündung her nach und nach in den Stollen vor, ohne sich mit der schlechten Luft zu vermengen.

Figur 13.



Als aber der Seitenstollen bis zur Tunnelachse durchgeschlagen war und sodann die Richtstollen nach zwei Seiten getrieben und in den Stollen überall der Vollaussbruch in Angriff genommen wurde, zeigte sich die Ventilation ganz ungenügend.

Unter solchen Verhältnissen ist auch das Aspirations-System nicht zweckmässig.

Die von der Stollenmündung her eindringende frische Luft vermengt sich unterwegs mit der durch die zahlreichen Schüsse im Vollaussbruche verdorbenen Luft, bevor sie zur Ansaugstelle vor Ort gelangt und es dauert unverhältnissmässig lange, bis das Stollen-Ende zugänglich wird.

Diese Pause des Abwartens steigerte sich, als die Arbeiten im Tunnel von der Einmündung des zweiten Seitenstollens circa 30 Meter nach beiden Seiten vorgerückt waren, bis auf einen Zeitraum von zwei Stunden.

Durch eine zufällige Beobachtung kam der Maschinenmeister auf die Idee, nach dem Abschiessen durch feine Oeffnungen am Ende der Druckleitung Wasser ausströmen zu lassen.

Der Erfolg war überraschend. Unter dem hohen Drucke zerstäubt das ausströmende Wasser und hat eine ausserordentlich wirksame Absorbition der Gase und Abkühlung des Arbeitsraumes zur Folge.

Zugleich wurde auch das System der Saug-Ventilation verlassen, durch Umstellen der Windleitung der Saugventilator in einen Druckventilator umgewandelt und durch die bestandene Saugwindleitung nunmehr als Druckleitung frische Luft in die Stollen geblasen.

Unter den vorliegenden Verhältnissen war dieses System augenscheinlich das angemessene.

Die am Stollen-Ende durch die Windleitung zugeführte frische Luft vermengt sich mit der verdorbenen Luft vor Ort und dringt in dem Stollenraume nach vorne gegen die Mündung, so dass der Stollen selbst erst nach und nach und sehr langsam ventilirt wird; aber in dem Raume vor Ort wird die Luft sehr rasch erneuert, so dass die Arbeitsstelle selbst in kurzer Zeit wieder betreten werden kann.

Das sonach eingeführte Pulsions-System in Verbindung mit der Wasserausspritzung hatte zur Wirkung, dass nun-

mehr in 10 bis 15 Minuten nach dem Abschiessen das Abräumen der Stollenbrust begonnen werden konnte.

Der Ventilator war übrigens ununterbrochen in Thätigkeit, nur wurde nach dem Abfeuern die Geschwindigkeit ungefähr auf das Anderthalbfache gesteigert.

Als im Tunnel nach beiden Seiten in den Richtstollen der Durchschlag erfolgt war, trat eine energische natürliche Luftströmung ein, und die mechanische Ventilation konnte von nun an vollständig eingestellt werden.

Stollenbetrieb mit Maschinenbohrung. Bei der Handbohrung wurden Schlag- oder Stossbohrer von 22^{mm} Stärke verwendet und damit 26 bis 27^{mm} weite Löcher gebohrt. Der lineare Bohrfortschritt in den vorherrschenden Gesteinen des Sonnsteins beträgt 9 bis 15^{mm} in der Minute.

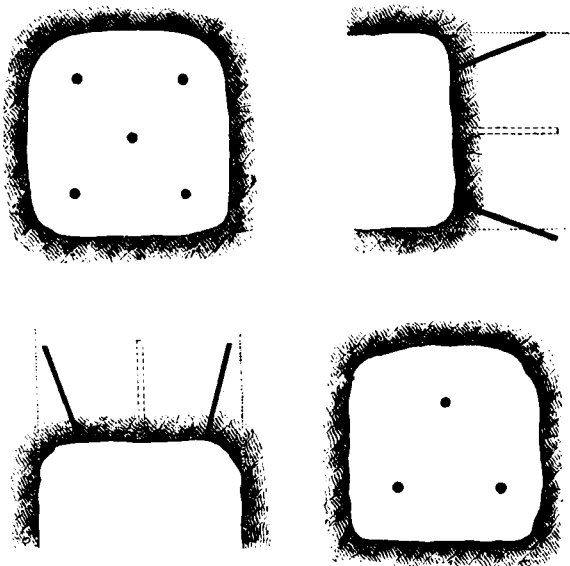
Mit den Bohrmaschinen wurde in den nämlichen Gesteinen mit 80^{mm} Bobrern ein linearer Bohrfortschritt von 20 bis 50^{mm}, im festen Kalke ziemlich regelmässig 30^{mm} in der Minute erzielt. Hierbei sind aber die Aufenthalte bei dem Gestängewechsel und die zum Aufstellen und Abrüsten der Maschine erforderliche Zeit nicht berücksichtigt.

Die Vertheilung der Bohrlöcher auf der Stollenbrust und die Stellung derselben war natürlich von der Beschaffenheit und Schichtung des Gesteines und von dem Ergebniss der vorhergehenden Sprengung abhängig.

Gewöhnlich waren 5, 4 oder auch blos 3 Bohrlöcher nothwendig, um die Stollenbrust in dem ganzen Querschnitte des Stollens von circa 6·5 Meter abzusprengen.

Fig. 14 zeigt einen normalen Angriff für 5 und für 3 Bohrlöcher.

Figur 14.



Es wurde darauf Bedacht genommen, die Minen so zu vertheilen, dass mindestens je zwei, womöglich aber drei Bohrlöcher mit einer einzigen Säulenstellung durch blosses Drehen und Verschieben der Bohrmaschine auf der Säule abgebohrt werden konnten jedenfalls ist hiezu nur ein geringes Verschwenken der Spannsäule nothwendig. Die Spannsäule wird je nach der erforderlichen Position der Bohrmaschine und je nach der Form und Beschaffenheit der Stollenwandungen vertical, schief oder horizontal gestellt. Eine ungefähr horizontale Aufstellung wurde am meisten angewendet.

Die mittlere Bohrtiefe betrug circa 1·3 Meter; ausnahmsweise wurden im laufenden Betrieb auch Minen von 0·8 Meter bis 1·6 Meter Tiefe eingeschaltet.

Zur Ladung einer normalen Mine waren 3 Kilogr. bis 4 Kilogr. Dynamit erforderlich.

Zum Abschiessen wurden Zündschnüre verwendet und derart angeordnet, dass das Abgehen der Schüsse nacheinander, in der Mitte zuerst, erfolgte.

Zur Bedienung der Bohrmaschine sind ein Maschinist und ein bis zwei Handlanger erforderlich. Anfangs war die Bohrarbeit zu drei Schichten à 8 Stunden organisirt und es wurde normal in jeder Schicht je einmal, also dreimal binnen 24 Stunden abgeschossen.

Später stellte es sich als vortheilhafter heraus, für die Maschinisten zweischichtigen Dienst à 12 Stunden einzuführen, mit womöglich zweimaligem Abschiessen per Schicht, also viermal im Ganzen in 24 Stunden, was in Bezug auf den eigentlichen Dienst der Bohrmaschine einem vierschichtigen Betriebe gleichkommt.

Die Maschinisten hatten während ihrer Schicht auch das Instandhalten ihrer Maschine zu besorgen.

Die Arbeit beginnt mit dem Vortragen und Aufstellen der Spannsäule. Hierauf wird der Anschluss an die Druckwasserleitung bewerkstelligt und in die Spannsäule Druck gegeben. Dann wird die Bohrmaschine vorgetragen und in Position gebracht, die Gelenkrohrleitung angeschlossen, die Schläuche befestigt, Bohrer und Gestänge angesetzt, und das Bohren kann beginnen. Nach erfolgter Bohrung aller Minen erfolgt das Abrüsten und Abtransportiren der einzelnen Bestandtheile in umgekehrter Reihenfolge; hierauf wird geladen und abgefeuert.

Dann wird die Brust wie gewöhnlich mit Zuhilfenahme der Pike nachgenommen und abgeräumt und der Schutt so weit zurückgeworfen, dass für die Bohrmaschine neuerdings Platz gemacht ist. Meist bleibt die Rohrleitung unter dem Schutte vergraben und es unterliegt keinem Anstande, die Säule und Maschine über die Schutthaufen hinweg vor Ort zu tragen. Während des Bohrens wird hinter der Maschine die Abtransportirung des Sprengschuttes ungestört bewerkstelligt.

Nachdem die Maschinenbohrung eine gewisse Stabilität in dem Betriebe erlangt hatte, wurde ein förmlicher Stundenpass im Maschinenhause geführt. Diese Aufzeichnungen geben über die eigentliche praktische Bohrzeit, sowie über die Dauer der übrigen Phasen der Stollenarbeit den besten Aufschluss.

Eine solche Tagesaufschreibung ist zum Beispiele:

Bohrzeit	Ladezeit	Schuttzeit	Minenzahl
2 St. 30 Min.	12 Min.	3 St. 10 Min.	4
3 " — "	15 "	3 " 10 "	5
3 " 30 "	15 "	2 " 30 "	4
2 " 30 "	10 "	2 " 45 "	3
11 St. 30 Min.	52 Min.	11 St. 35 Min.	16
23 St. 57 Min.			

Die Bohrzeit umfasst die ganze Zeit, während welcher die Druckpumpen im Gange sind, von dem Augenblicke an, wo in die vorbereitete Spannsäule Druck gegeben werden muss, bis zum Abrüsten derselben nach der Bohrschicht, mit inbegriffen 15 bis 20 Minuten, welche zum Uebertragen und Bereitmachen der Bohrmaschine nach Aufstellung der Säule erforderlich sind.

Die Schutzzeit begreift die eigentliche zum Zurückwerfen des abgeschossenen Materiales und zum Abräumen der Stollenbrust erforderliche Zeit, dann die Aufenthalte beim Aufstellen und Abräumen der Spannsäule und die Pause während der Ventilation in sich.

Summirt man die Arbeitszeiten für eine Periode von acht vollen Tagen, an welchen mit einer Maschine im Stollen gebohrt wurde, und an welchen keine durch die sonstigen Stollenarbeiten bedingten Störungen vorkamen, so ergibt sich für eine totale Arbeitszeit von $8 \times 24 = 192$ Stunden:

Totale Bohrzeit	86.2 Stunden
„ Ladezeit	7.2 „
„ Schutzzeit	94.1 „
Abgang in Folge Ungenauigkeit der Aufschreibungen	4.6 „
Summe	192 Stunden.

Während dieser Zeit wurden im Ganzen 138 Minen in 29 Bohrschichten gebohrt und zusammen 18.7 Meter Stollen in 29 Angriffen getrieben.

Zieht man aus der Gesamt-Arbeitsperiode das tägliche Mittel, so ergeben sich die folgenden Durchschnittswerte:

Mittlere Bohrzeit	10.7 Stunden
„ Ladezeit	1.1 „
„ Schutzzeit	11.7 „
Abgang	0.5 „
Summe	24 Stunden.

Die mittlere Dauer einer Bohrschicht betrug drei Stunden, es wurden per Schicht 4.76, also zwischen vier und fünf Minen abgebohrt und per Angriff ein durchschnittlicher Stollenfortschritt von 0.65 Meter erzielt.

Nach dem Eintreffen des zweiten Seitenstollens in der Tunnelachse wurde der Richtstollen gegen Ebensee und jener gegen Traunkirchen mit je einer Bohrmaschine getrieben, und zwar wurde auf beiden Seiten zu gleicher Zeit gebohrt, geladen, abgeschossen und geschüttet. Die Druckpumpen waren also für beide Bohrmaschinen gleichzeitig in Anspruch genommen und die Arbeit war derart organisirt, dass oft beide Bohrmaschinen wie ein Schlag zugleich zu bohren begannen.

Die genannte Arbeitsperiode dauerte 54 Tage. Scheidet man von diesen im Ganzen 14 Tage aus, an welchen durch Kesselreinigen, Stolleneinbau, Richtunggeben, Geleislegen u. s. w. länger andauernde Unterbrechungen stattfanden und summirt man für die dahin verbliebenen 40 normalen Arbeitstage die Arbeitsperioden, so ergibt sich für eine Gesamt-Arbeitszeit von $40 \times 24 = 960$ Stunden:

Totale Bohrzeit	542.7 Stunden
„ Ladezeit	46.0 „
„ Schutzzeit	369.3 „
Abgang	2.0 „
Summe	960 Stunden.

In dieser Zeit wurden im Ganzen 921 Minen in 140 Bohrschichten gebohrt, und auf beiden Seiten zusammen 158.6 Meter Stollen in 140 Angriffen getrieben.

Auf eine durchschnittliche tägliche Leistung per 24 Stunden reducirt:

Mittlere Bohrzeit	13.65 Stunden
„ Ladezeit	1.01 „
„ Schutzzeit	9.02 „
Abgang	0.05 „
Summe	24 Stunden.

Die mittlere Dauer einer Bohrschicht beträgt 3.87 Stunden und es wurden per Schicht 6.6 Minen mit beiden Maschinen, also 3.3 oder zwischen drei und vier Minen mit je einer Maschine und für je einen Angriff abgebohrt. Der nach jeder Seite erzielte Stollenfortschritt betrug per Angriff durchschnittlich 0.57 Meter.

Das Resultat bei dem zweiseitigen Betriebe war also ungünstiger als bei dem einseitigen, indem in längerer Bohrzeit weniger Bohrlöcher hergestellt und in dem nämlichen Gesteine geringere Stollenausbrüche per Angriff erzielt wurden. Es liegt dies in der Natur der Sache, da die Leistung der Bohrmaschinen auf beiden Seiten nicht gleich war und daher die eine durch die andere beeinträchtigt wurde. Selbstverständlich geschah dies auf Kosten des Gesamt-Resultates.

Was nun das praktische Ergebniss der Maschinenbohrung anbelangt, welches in dem täglichen Stollenfortschritte zum Ausdrucke kommt, so sind mehrere Perioden zu unterscheiden.

Am 11. April wurde zwar die Maschinenbohrung im zweiten Seitenstollen begonnen; aber wie dies bei der Einführung so völlig neuer und ungewöhnlicher Maschinen unvermeidlich ist, konnte die erste Zeit nur als ein Probebohren für Maschine und Personale betrachtet werden.

Es fanden vielfache Unterbrechungen statt, welche durch Handbetrieb ausgefüllt wurden und es musste die Maschinenbohrung wegen der schon angedeuteten Umänderung der Druckpumpen für kurze Zeit ganz eingestellt werden. Auch erforderte die Anwendung der aussergewöhnlich grossen Bohrlöcher ein eigenes Studium in Bezug auf Ladung, Sprengwirkung, Minenstellung u. s. w.

Erst am 16. Mai begann ein regelmässiger Maschinenbetrieb. Bis zu diesem Zeitpunkte waren in 35 Tagen bloss 23 Meter Stollen, allerdings im festen Kalk, getrieben worden; der mittlere tägliche Stollenfortschritt beträgt demnach für diese Interims-Periode nur 0.66 Meter, während der blosse Handbetrieb in der vorhergehenden Periode einen täglichen Fortschritt von 0.86 Meter ergeben hatte.

Vom 16. Mai bis 4. Juni, an welchem Tage die Tunnelachse erreicht wurde, ist eine Stollenstrecke von 40 Meter binnen 20 Tagen durch festen Kalk und Dolomit gebohrt worden mit einem durchschnittlichen täglichen Stollenfortschritte von 2 Meter. Blatt 3, Fig. 4.

Inzwischen waren in dem Zeitraume vom 11. April bis 4. Juni die Richtstollen im Tunnel von Ebensee und Traunkirchen her bei Handbetrieb mit einem mittleren Stollenfortschritte von 0.89 Meter im Kalk und 1.0 Meter im Dolomit um 49 Meter, und beziehungsweise 54 Meter vorgerückt.

Vergleicht man den Stand der Stollenarbeiten am 4. Juni mit dem Zukunftsprogramme für die Handbohrung, Blatt 3, Fig. 3, so ergibt sich, dass, obwohl die Maschinenbohrung in der zweiten Periode nach dem 16. Mai reichlich die Versäumnis der vorhergehenden Periode eingebracht hatte, im Ganzen kein nennenswerther Vortheil, wenigstens nicht in Folge der Maschinenarbeit, errungen war.

Ein durchschlagender Erfolg stellte sich erst in der nächsten Periode ein, welche die Maschinenarbeit in den Richtstollen des Tunnels umfasst.

Nachdem in dem Knotenpunkte des Tunnels am Ende des zweiten Seitenstollens eine Kammer mit der erforderlichen Geleis- und Drehscheiben-Einrichtung hergestellt war, konnte am 7. Juni die Maschinenbohrung nach beiden Seiten beginnen.

Der Durchschlag gegen Ebensee erfolgte am 29. Juli. Die im Dolomit durchgefahrene Strecke misst 105 Meter und es waren hiezu 51 Arbeitstage Maschinenbohrung erforderlich. Der mittlere tägliche Stollenfortschritt betrug demnach 2.06 Meter. Während der gleichen Periode fand bei der Handbohrung in der Kalkschichte der anstossenden Strecke ein täglicher Stollenfortschritt von 1.13 Meter statt.

Der Durchschlag gegen Traunkirchen erfolgte am 11. August. Es wurden nach dieser Seite im Dolomit 131 Currentmeter Stollen in 64 Arbeitstagen der Bohrmaschine erstellt; der tägliche Stollenfortschritt belief sich daher durchschnittlich auf 2.04 Meter. In dem nämlichen Gestein der angrenzenden Strecke betrug der Stollenfortschritt mit Handbohrung täglich 1.0 Meter.

Das Maximum des Stollenfortschrittes wurde in der Strecke gegen Ebensee erreicht mit 2.7 Meter täglich zwischen dem 15. und 30. Juni.

Im grossen Durchschnitte und bei genauerem Vergleiche der einzelnen Ergebnisse kann man sagen, dass am Sonnstein in den gleichen Gesteinen die Maschinenbohrung gegen die Handbohrung einen circa zweimal so grossen Stollenfortschritt ergeben hat.

Stellt man jetzt, um das factische Ergebniss der Maschinenarbeit zu eruiren, auf Grund der nunmehr bekannten Stollenfortschritte in den einzelnen Strecken einen Calcul über den Stollenbetrieb auf, wie derselbe bei blosser Handarbeit sich herausgestellt hätte, so ergeben sich rechnungsgemäss folgende Termine:

Am 17. Juni: Einschlag des zweiten Seitenstollens in die Tunnelachse;

am 24. August: Durchschlag des Richtstollens gegen Ebensee;

am 18. September: Durchschlag des Richtstollens gegen Traunkirchen.

Nachdem dieser letzte entscheidende Durchschlag thatsächlich am 11. August erfolgte, so wurden durch die Maschinenbohrung in dem Stollenbetriebe 38 Tage gewonnen und sonach der Vollendungstermin des Tunnels um den nämlichen Zeitraum direct abgekürzt.

Mittelbar wurde aber auch der Vollaussbruch und die Mauerung im Tunnel durch die Beschleunigung des Stollenbetriebes wesentlich gefördert.

So lange der zweite Seitenstollen die einzige Communication mit dem Tunnel in der mittleren Partie desselben bildete, musste die Förderung des Ausbruchmaterials sowohl, als auch die Zufuhr der gesammten Baumaterialien, sowie auch die Ventilation ausschliesslich durch diesen Stollen erfolgen.

Der Durchschlag gegen Ebensee hatte eine wesentliche Entlastung nach allen Richtungen zur Folge, indem von diesem Augenblicke an das im Gefälle gegen Ebensee liegende Geleise in dem grösstentheils fertigen Tunnel als zweite Communication benützt, eine zweckmässige Organisation der Zu- und Abfuhr eingeleitet werden, und eine ausgiebige natürliche Ventilation sich geltend machen konnte.

Dieser Durchschlag erfolgte aber am 29. Juni statt am 24. August, so dass die günstigeren Bauverhältnisse um 25 Tage früher eintraten, wodurch in den Bauarbeiten im ganzen Profil des Tunnels eine Beschleunigung bewirkt wurde, welche indirect ebenfalls zur Abkürzung des Vollendungstermines beigetragen hat.

Am 16. September 1877 fuhr die erste Locomotive durch den Sonnstein-Tunnel, am 23. October wurde die Bahn dem öffentlichen Verkehre übergeben, und es hatte demnach der gesammte Bau des Tunnels, vom Beginne der ersten Arbeiten am zweiten Seitenstollen Ende März 1876 bis zur Vollendung, eine Bauzeit von nicht ganz 19 Monaten erfordert.

Besondere Anwendungen. Versuchsweise wurden auch zwei Bohrmaschinen vor Ort gleichzeitig in Dienst gestellt. Das Resultat war aber minder günstig, weil die Maschinen, welche nicht für diesen Zweck construirt waren und das Bedienungspersonale sich gegenseitig im Wege stand. Auch war vieles Experimentiren durch die Dringlichkeit des unmittelbaren Resultates ausgeschlossen.

Bei dem Durchschlag des Stollens gegen Ebensee wurde ein Bohrloch von 3.8 Meter Tiefe anstandslos in zwei Stunden 30 Minuten abgebohrt. Bei dem Durchschlage gegen Traunkirchen betrug die Bohrlochtiefe sogar 4.8 Meter, nämlich überhaupt so viel als gerade brauchbares Gestänge vorhanden war. Dieses Bohrloch wurde in vier Stunden abgebohrt und es waren hiezu mit Ausnahme einer geringen Mehrbelastung des Accumulators um circa 200 Kilogr. keine besonderen Vorkehrungen nothwendig.

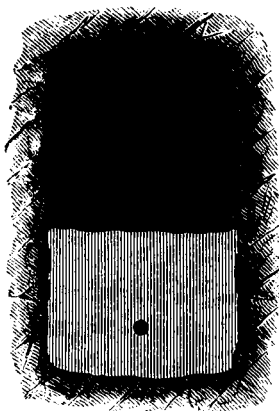
Eine vortheilhafte Anwendung fanden die Bohrmaschinen auch bei einzelnen Arbeiten des Vollaussbruches. Die Richtstollen im Tunnel von dem zweiten Seitenstollen aus wurden zur Unterstützung der Schuttförderung und des Wasserablaufes mit stark ansteigender Sohle angelegt. Als die Stollen durchgeschlagen waren, musste demnach die Sohle bis auf das richtige Niveau nachgenommen werden. Dieses Schlitzten der Stollen geschah mit Hilfe der Bohrmaschinen.

Es wurde, Fig. 15, gewöhnlich ein Bohrloch in der Mitte angelegt und in der nächsten Schicht zwei Bohrlöcher, je 2 Meter tief. Bei dem jedesmaligen Abschiessen, ungefähr dreimal in 24 Stunden, wurde meist der Schlitz auf die ganze Tiefe von 2 Meter abgesprengt. Der Erfolg war so augenscheinlich, dass auf der einen Seite, nachdem die Maschinenbohrung dort schon eingestellt worden war, die Druck-

wasserleitung wieder eingelegt und die Bohrmaschine zu dem genannten Zwecke wieder in Benützung genommen wurde.

Für den eigentlichen Vollausbruch wurden die Bohrmaschinen nicht verwendet, weil hier der Handbetrieb vollkommen ausreichend war, um mit dem Richtstollen gleichen Schritt zu halten.

Figur 15.



Instandhaltung. Während die Reparaturen bei Percussions-Maschinen die partie honteuse des Betriebes bilden, spielt dieses Capitel bei dem Brandt'schen Bohrmaschinen-System eine untergeordnete Rolle.

Die Bohrer, welche zum Theile aus österreichischem, zum Theile aus schwedischem Stahl hergestellt waren, haben in den Gesteinen des Sonnsteins, obwohl mitunter selbst der Dolomit von solcher Härte war, dass er unter dem Meissel Funken gab, eine nur sehr geringe Abnützung erlitten, und das Nachschleifen der Bohrer war dementsprechend von ganz geringer Bedeutung.

Die grösste zulässige Abnützung bei den Bohrern beträgt circa 25^{mm}.

Von 150 Bohrern, welche überhaupt vorhanden waren, sind circa 100 bis auf die Hälfte der zulässigen Abnützung verbraucht worden, und nur bei einem Bohrer unter diesen erreichte die Abnützung volle 15^{mm}.

Selbstverständlich wird das Stumpfwerden und die Abnützung in härterem Gesteine, wie Gneis, Granit, Porphyr u. s. w. eine viel bedeutendere, und das Schärfen, sowie der Verbrauch an Bohrern wird eine wesentliche Post der Instandhaltung bilden.

Dies ist aber auch die einzige in dem Systeme begründete und unvermeidliche Reparatur.

Allerdings sind am Sonnstein zahlreiche Brüche der Bohrer an dem Gewinde, Brüche der Gestänge, Brüche an der Kurbelwelle der Hydromotoren und an den Kolben des Vorschub-Mechanismus vorgekommen, welche mitunter radicale Reparaturen erheischt haben; allein diese Beschädigungen lagen zum Theile in Mängeln der Construction, wie sie bei jeder neuen Maschine vorkommen und bei den folgenden Modellen leicht zu corrigiren sind, zum Theile in ungeeignetem Materiale oder in fehlerhafter Handhabung, wobei das wiederholte Probiren neuer Bestandtheile von veränderter Construction sicher eine ungewöhnliche Erschwerniss bildete.

Sind doch die empfindlichsten Störungen in der ersten Zeit des Betriebes durch das Bersten der an sich ganz untergeordneten Kautschukschläuche verursacht worden, bis es endlich gelang, brauchbare Schläuche zu beschaffen.

Nennenswerthe Beschädigungen an Bohrern waren in vielen Fällen durch zu hohen Druck verursacht, überhaupt erfordert die richtige Regulirung des Druckes, je nach dem Gesteine, die meiste Sachkenntniss und Erfahrung.

Bei weichem Gesteine geht die Bohrmaschine vollkommen geräuschlos, nur bei hartem Gestein ist ein charakteristisches Knirschen des Bohrers zu vernehmen.

Im Uebrigen ist der Gang der Maschine ein so ruhiger, dass die Vibrationen, wenn man die Maschine nicht mit der Hand berührt, kaum bemerkbar werden.

Ein förmliches Schadhafwerden einzelner Bestandtheile der Maschine ist daher bei regelrechter Handhabung und Ausführung nicht zu befürchten und es können nur solche Reparaturen vorkommen, wie sie durch den regelmässigen Verschleiss bedingt werden.

Diese sind aber beinahe ausschliesslich auf die Instandhaltung und Auswechslung der verschiedenen Dichtungen, Lager etc. beschränkt.

Am Sonnstein waren anfangs blos zwei Bohrmaschinen vorhanden, eine im Dienste und die andere als Reserve. Als später nach zwei Seiten gleichzeitig gebohrt wurde, fand man sich veranlasst, noch zwei Maschinen anzuschaffen, zum Theile auch deshalb, weil das gleichzeitige Bohren mit zwei Maschinen vor Ort anfangs in's Auge gefasst worden war.

Bei Abschluss der Maschinenbohrung waren alle vier Bohrmaschinen ebenso dienstfähig wie zu Beginn.

Auch bei den Druckpumpen sind trotz des übermässig raschen Ganges eigentliche in dem System begründete Reparaturen nicht vorgekommen und die Instandhaltung war auch hier auf die Erneuerung der Dichtungen u. s. w. beschränkt.

Die übrigen charakteristischen Bestandtheile des Systemes, namentlich aber die Druckwasserleitungen haben geradezu gar keine Reparatur benöthigt.

Installations- und Betriebskosten. Nachdem die Maschinenbohrung und Ventilation in der Maschinenanlage und im Betriebe gemeinsam waren, so können die diesbezüglichen Kosten nicht gesondert werden.

Die Gesamtkosten der Installation in abgerundeten Ziffern waren folgende:

1. Herstellung des Plateau's und des Maschinenhauses fl. 2.150.—
 2. Maschinen-Einrichtung im Maschinenhaus, als: Dampfkessel, Speisepumpe, Vorwärmer, Locomobil, Druckpumpen, Accumulator, Circularpumpe, Ventilator, Drehbank und Werkzeuge, inclusive Montirung . . . „ 13.900.—
 3. Vier Bohrmaschinen, complet ausgerüstet mit Gestängen, Bohrern, Rohrverbindungen und Werkzeugen „ 11.850.—
 4. Druckwasser- und Windleitungen, je circa 700^m „ 6.850.—
 5. Fracht, Zoll, Honorare und diverse Ausgaben „ 3.950.—
- Summe fl. 38.700.—

Der Maschinenbetrieb wurde an Ort und Stelle von Herrn Brandt persönlich geleitet.

Ihm stand ein Maschinenmeister zur Seite, welcher nach Abgang des Ersteren, kurz vor Ende der Maschinenbohrung, die Leitung des Maschinenbetriebes ohne weiteren Anstand besorgen konnte.

Im Maschinenhause waren in zwölfstündigen Schichten beschäftigt:

2 ×	1 Maschinenwärter,
	2 Heizer,
	1 Schleifer,
	1 Kohlenträger,
	1 Handlanger.

Die Maschinisten an der Bohrmaschine hatten ebenfalls zwölfstündige Schichten.

Zur Zeit als nach zwei Seiten mit je einer Maschine gebohrt wurde, waren demnach 2 × 2 Maschinisten an den Bohrmaschinen im Dienste.

Zur Bedienung je einer Bohrmaschine waren weiter noch zwei Handlanger erforderlich, welche in achtstündigen Schichten Dienst machten, demnach für zwei Maschinen

2 × 2 × 3 Handlanger.

Im Ganzen bestand also das normale Personale für den Maschinendienst aus 30 Personen.

Zum Uebertragen der Bohrmaschine und Spannsäule wurden aushilfsweise noch einige Mann aus den sonstigen im Tunnel beschäftigten Arbeitern beigezogen.

Die Gesamt-Betriebskosten des blossen Maschinen-dienstes betrugen in der Zeit vom 11. April bis 11. August, also für vier Monate:

1. Gehalte und Löhne	fl. 10.910.—
2. Kohlen	„ 6.270.—
3. Reparaturen an den Maschinen, Verbrauch an Bohrern, Gestängen und sonstigen Ersatzstücken	„ 3.800.—
4. Oel, Petroleum, Werg etc. und diverse Ausgaben	„ 1.620.—
Summe fl. 22.600.—	

In diesen Kosten sind nicht enthalten die Kosten für Dynamit und Zündmaterial, Mineurarbeit für Laden und Nachbrechen des Stollens, für Abräumen und Förderung des Schuttes, Zimmerung etc., kurz alle diejenigen Arbeiten und Material-Beistellungen, welche bei dem Stollenbetriebe ausser dem Bohren der Minen an der Stollenbrust und der Ventilation noch zu erstellen sind.

Diese Kosten betragen für die nämliche Arbeitsperiode, mit Ausschluss eines Zeitraumes von zusammen 16 Tagen blossen Handbetriebes im zweiten Seitenstollen:

1. Löhne der Mineure, Schutter, Tagelöhner, Schmiede und Zimmerleute	fl. 10.750.—
2. Dynamit und Zündmaterial	„ 15.380.—
3. Verbrauch von Werkzeugen, dann Oel, Holz etc.	„ 4.170.—
Summe fl. 30.300.—	

Die Leistung, für welche die angeführten Maschinenbohrungs- und Stollenbetriebskosten aufgewendet worden sind, beträgt 52·5 Currentmeter Stollen im zweiten Seitenstollen und 105 + 131 Currentmeter Richtstollen in der Tunnelachse, zusammen 288·5 oder rund 290 Meter Stollen von durchschnittlich 6·5 □ Meter Querschnitt.

Um die Gesamt-Erstellungskosten per Currentmeter Stollen zu ermitteln, muss berücksichtigt werden, dass von einer normalen Amortisation und Verzinsung des Anlage-Capitales im gewöhnlichen Sinne, wegen der kurzen Betriebs-

zeit und der geringen Ausnützung der Anlage hier eigentlich keine Rede sein kann. Nimmt man indess die Verhältnisse, wie sie bei diesem Baue vorliegen, so ergibt sich in dieser Beziehung:

Kosten der Maschinenanlage und Einrichtung fl. 38.700.—

Gegenwärtiger Werth derselben, durch Verkauf eines Theiles der Maschinen, Rohrleitungen und Material und Bewerthung der verbleibenden Bau- und Maschinen-Einrichtung ermittelt „ 14.500.—
Abschreibung fl. 24.200.—

Es entfallen demnach per Currentmeter Maschinenstollen an Erstellungskosten:

1. Abschreibung der Anlagekosten	fl. 83.50
2. Kosten der blossen Maschinenbohrung inclusive Ventilation	„ 78.—
3. Sonstiger Stollenbetrieb	„ 104.50
Summe fl. 266.—	

oder wenn man den Gesamtausbruch von circa

6·5 × 290 = 1885 Kub.-Meter

zu Grunde legt, berechnen sich die Erstellungskosten per Kub.-Meter Stollenausbruch zu:

1. Abschreibung der Anlage	fl. 13.—
2. Kosten der blossen Maschinenbohrung inclusive Ventilation	„ 12.—
3. Sonstige Stollenbetriebskosten	„ 16.—
Summe fl. 41.—	

In Betreff der Betriebskosten der Maschinenarbeit ist zu bemerken, dass im Allgemeinen die Verhältnisse wegen der vielen Unregelmässigkeiten bei der Einführung eines ganz neuen Maschinen-Systemes nicht günstig waren; andererseits muss hervorgehoben werden, dass während der halben Arbeitsperiode zwei Stollen zugleich getrieben wurden, wodurch die Kosten sich vermindern, weil viele Ausgaben sich auf die doppelte Stollenleistung vertheilen.

Schlussbemerkung. Wir haben uns in dem Laufe der gegenwärtigen Mittheilungen meist auf die einfache Darstellung von Thatsachen beschränkt, welche für den Fachmann von Interesse sein können.

Es sind übrigens die Ergebnisse am Sonnstein durchaus nicht als ein allgemeiner Maassstab für die Leistung des Brandt'schen Bohrmaschinen-Systemes anzusehen.

Das dort angewendete Bohrloch-Caliber von 80^{mm} war zwar für die durchbohrten Gesteine in der That kein Missgriff. Zwar haben wenige Proben, welche mit 60^{mm} Bohr-löchern abgeführt wurden, in der unmittelbaren Sprengwirkung keine augenfällige Minderleistung nachgewiesen. Allein es hat sich andererseits herausgestellt, dass bei kleinerem Caliber, wenn Bohrer und Gestänge ausreichende Wandstärken haben sollen, das Spülwasser nicht in genügender Menge zum Bohrer gelangt, um das Bohrloch in solchem Gesteine wie Dolomit, vollkommen von dem Bohrmehl zu säubern. Auch haben in diesem Gesteine schwache Minen keine vortheilhafte Wirkung; die Erschütterung des Schusses pflanzt sich nicht weit in das Gestein fort, und es wird ausser dem unmittelbar abgeschossenen Materiale wenig durch Nachbruch gewonnen.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass am Sonnstein eher eine Vergrößerung des Bohrloch-Calibers auf etwa 100^{mm} angezeigt gewesen wäre.

In härterem Felsen jedoch, wie Granit oder Porphyr, wo einerseits die Bohrer sich nicht verreiben und das Bohrloch viel leichter zu spülen ist, andererseits erfahrungsgemäss der Zusammenhang des Gesteines durch den Schuss auf einen grösseren Umkreis zerstört wird, dürfte ein kleineres Caliber, etwa 60^{mm}, am geeignetsten sein.

Die Bohrmaschine selbst ist in ihrer Construction nahezu vollkommen zu nennen; es haben sich allerdings viele Veränderungen in einzelnen Details, Bohrern, Gestängen, Rohrverbindungen, Schläuchen etc. als wünschenswerth herausgestellt; diese sind aber nicht wesentlich und sind auch in den neuesten seither von Sulzer gebauten Maschinen bereits berücksichtigt.

Die Arbeitsweise am Sonnstein mit bloss einer Bohrmaschine vor Ort hat sicher viele Vortheile. Die Bohrmaschine kann anstandslos über den zurückgeworfenen Schutt hinweggetragen werden und es kann die Bohrung sofort wieder beginnen, ohne dass diese durch das Abtransportiren des Schuttes und das Nachbrechen des Stollens hinter der Arbeitsstelle irgendwie beeinträchtigt wird.

Allerdings ist nicht zu leugnen, dass am Sonnstein die Unterbrechung des Bohrens während des Zurückwerfens des Schuttes verhältnissmässig viel Zeit in Anspruch genommen hat, und durch andere Vorkehrungen zum Vortheil der Bohrzeit vielleicht hätte abgekürzt werden können.

Wenn auch die erzielten Stollenfortschritte aus diesem Grunde nicht das Maximum darstellen, welches mit der Bohrmaschine zu erreichen ist, so wird es doch, wenn es sich darum handelt, namhaft grössere Stollenfortschritte zu erzielen, gewiss nothwendig sein, mit mehreren Bohrmaschinen vor Ort an einem gemeinschaftlichen Gestelle zugleich zu arbeiten. Zu diesem Zwecke müssen selbstver-

ständig die Bohrmaschinen ganz anders construirt werden. Dann wird sich auch die Frage entscheiden lassen, welche Anwendung das Bohrmaschinen-System für den Vollausschub erfahren kann.

Die Kosten per Currentmeter mit Maschine erstellter Stollen am Sonnstein sind mit den gewöhnlichen Kosten des Handbetriebes füglich nicht zu vergleichen. Der Maschinenbetrieb ist stets eine Mehrausgabe, welche in der Verkürzung der Bauzeit ihre Compensation finden muss, und der Preis, der dafür bezahlt werden kann, wird je nach dem Werthe des Stollenfortschrittes in jedem einzelnen Falle ein sehr verschiedener sein.

Das Gesamtergebniss der Anwendung der Bohrmaschinen am Sonnstein mag vielleicht den Erwartungen nicht entsprechen, welche bei dem oberflächlichen Vergleiche mit anderen bekannten Leistungen des Maschinenbetriebes im grossen Massstabe hervorgerufen werden.

Unter den gegebenen Bedingungen war aber an die Brandt'sche Bohrmaschine eine besondere, in den Verhältnissen gelegene Aufgabe gestellt; diese ist von ihr mit vollem Erfolge gelöst worden.

Seitliche Eisenbahnwagen-Kuppel.

Patent:

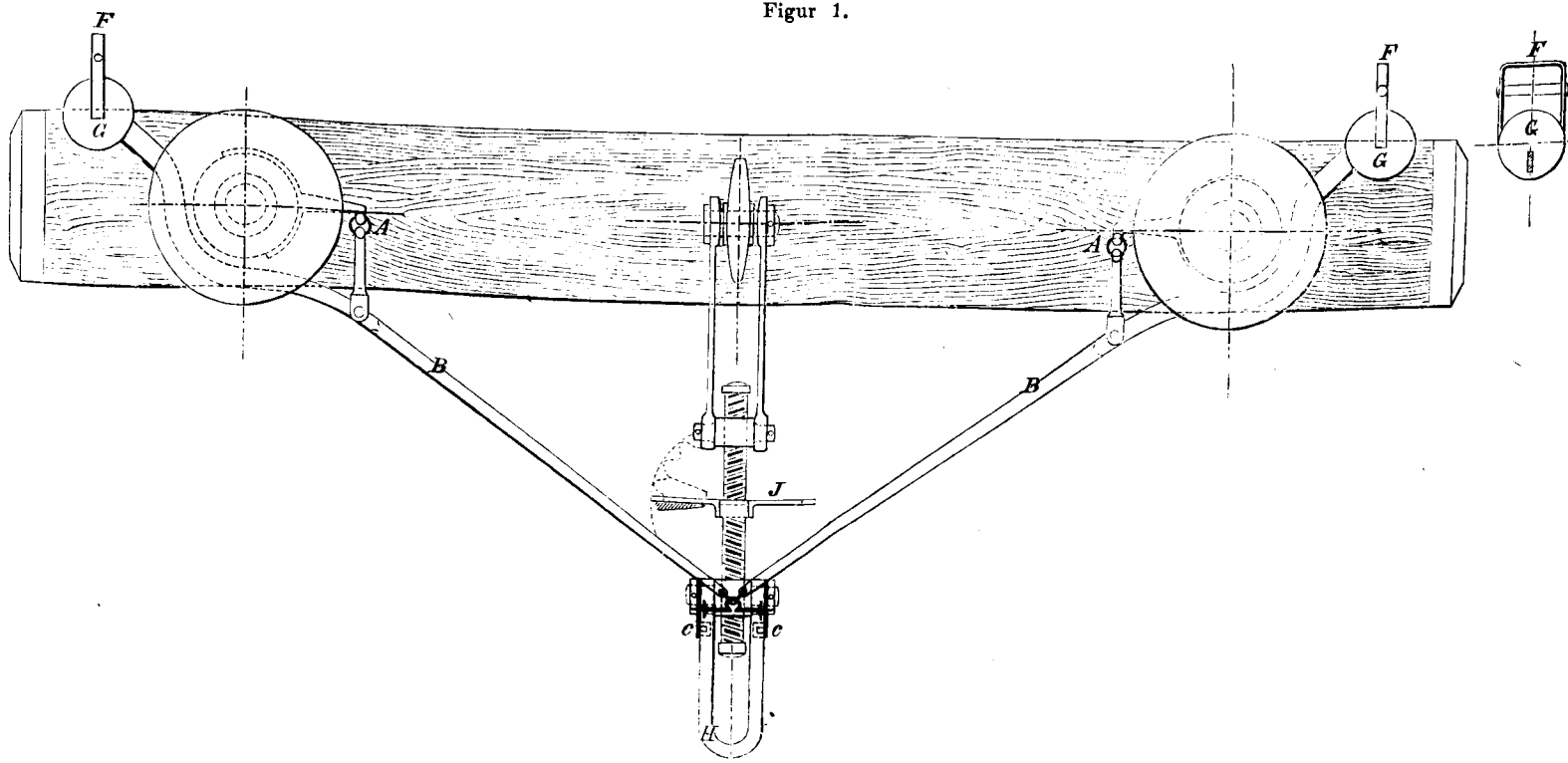
L. Gassebner,

Inspector der Nordwestbahn.

Die in den Figuren 1—4 dargestellten Zeichnungen versinnlichen die von mir erdachte seitliche Eisenbahnwagen-Kuppel, zu deren näherer Erklärung die folgenden Zeilen dienen mögen.

Die nahezu unveränderte normale Schraubenkuppel wird durch den bei *A* pendelartig aufgehängten Hebel *B* und durch Vermittlung der Zwischenstücke *C* und *D* in der Nähe des vorderen Kreuzkopfes *E* gefasst, und kann von dem zweiten Angriffspuncte

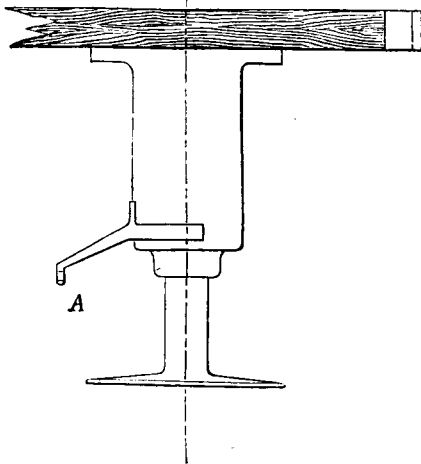
Figur 1.



F aus, welcher an dem balancirenden Gewichte G sich befindet, nach jeder beliebigen Richtung bewegt werden, so dass das Aus- und Einhängen der Kuppel sowohl auf dem geraden Geleise, als auch in Geleisecurven vom kleinsten Radius, bei Tag als auch bei Nacht, ganz ohne Anstrengung und in gefahrloser Weise vollführt werden kann.

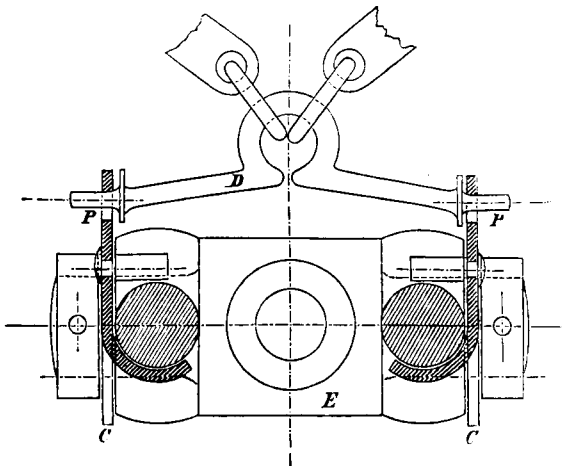
Ich erlaube mir hier auf die besondere Form der Zwischenstücke C aufmerksam zu machen, durch welche die Oese H bei Inangriffnahme des Hebels B stets zur Horizontalstellung gezwungen wird.

Figur 2.



Das Verlängern und Verkürzen der Kuppel erfolgt durch Eingriff eines an den Signalfahnenstiel anzubringenden Hakens in die Zahnschnitte der mit einem Schwunggewichte versehenen, und auf der Schraubenspindel festgekeilten Scheibe J bei einiger Uebung in unverhältnissmässig kurzer Zeit und ebenfalls von der Längenseite des Wagens aus, wobei zu beachten ist, dass sowohl beim Anspannen als Nachlassen der erwähnte Haken vorthellhaft, stets ziehend in Anspruch zu nehmen ist.

Figur 3.



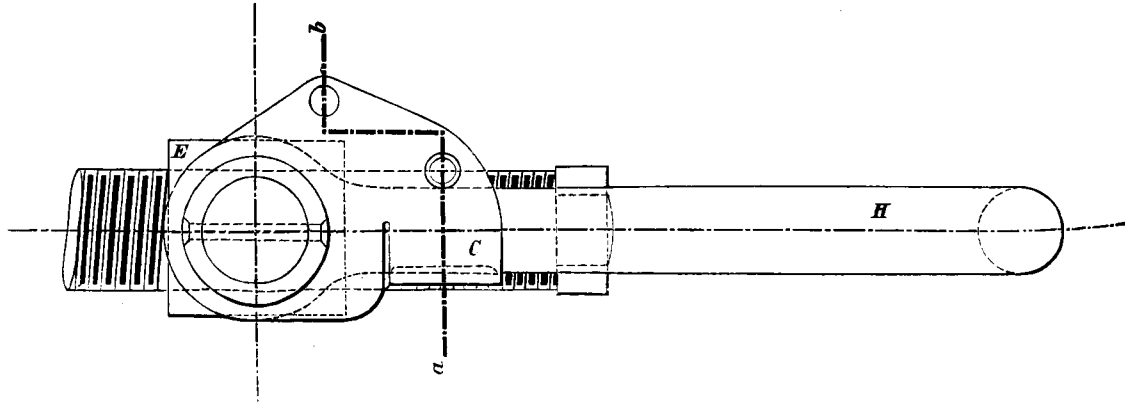
Beim Bruch irgend eines Kuppel-Bestandtheiles, wodurch eine Trennung der Fahrbetriebsmittel von einander eintritt, löst sich der ganze neue Mechanismus der Kuppel an dem schwächsten Punkte desselben bei P von der Schraubenkuppel selbst, und es kann daher in Folge meiner Construction niemals die Beschädigung eines Wagens eintreten.

Die Vortheile des hiermit erwähnten Mechanismus dürften sich kurz in Folgendem zusammenfassen lassen:

1. Billigste Herstellung (per Wagen — nicht Wagenseite — circa fl. 15 ö. W.);
2. Bequeme, leichte und sichere Handhabung unter allen Verhältnissen, selbst durch Ungeübte;
3. verschwindend geringe Erhaltungskosten, durch die Einfachheit und geringe Anzahl der Bestandtheile (unter denen keine Feder) garantirt.

In Betreff praktischer Erprobung glaube ich, mich auf die bei der österreichischen Südbahn, dann auf der Lemberg-Czernowitz-Jassy-Bahn diesbezüglich gewonnenen Erfahrungs-Resultate berufen

Figur 4.



zu dürfen, da diese Verwaltungen in dankenswerthester Weise schon vor Monaten die Vornahme von Versuchen mit dieser Kuppel angeordnet haben.

Wenn man erwägt, in welch' hohem Masse das Gesetz, betreffend die Haftpflicht der Eisenbahnen, die letzteren bei einem Unfälle des Kupplungs-Personales verpflichtet, so dürfte — die humanitäre Seite des Gegenstandes ganz unberücksichtigt gelassen — der pecuniäre Vorthell allein den Anstoss zur Annahme einer gefahrlosen Kupplung geben.

Die anderen, wiederholt mit mehr oder weniger Glück publicistisch breitgetretenen Vortheile einer solchen Construction, als da sind: Ermöglichung kürzerer Wagenzüge bei gleichem Brutto, da der bisher normale, sehr grosse Raum zwischen den einzelnen Wagen entfallen kann, ruhigerer Gang der Züge bei engerer Kupplung der Elemente derselben, und daraus resultirende Schonung der Fahrbetriebsmittel und des Oberbaues etc. etc., sollen hier nicht abermals Erwähnung finden, da, wenn dieselben erkannt werden wollen, auch ohne dem früher oder später die entsprechende Würdigung finden werden.

Zum Schluss noch die Bemerkung, dass diese Kuppel als Doppelkuppel nicht verwendet werden kann. Da jedoch auch die dermalige Schraubenkuppel eine doppelte Kupplung nicht gestattet, die doppelte Kupplung, insbesondere von der Aussen-seite der Wagen vollzogen, nicht nur die ganze Construction compliciren, sondern auch einen die Manipulation höchst ungünstig beeinflussenden Zeitaufwand erfordern würde, so dürfte vom Standpunkte des Verkehrs dieselbe umsoweniger beansprucht werden, als ja Zugtrennungen auf offener Strecke, hervorgerufen durch den Bruch von Kuppelbestandtheilen, doch zu den Seltenheiten gehören, und diese Fälle sich bei entsprechender Wahl des Materiales und der Dimensionen dieses Wagen-

bestandtheiles, sowie bei ausgedehnter Anwendung von Schiebemaschinen gewiss noch verringern lassen. Es würde übrigens offenbar zu weit führen, wollte man in Consequenz dieser Vorsicht alle jene Maschinen- und Wagenbestandtheile doppelt anbringen, durch deren Bruch die Sicherheit des Verkehrs in irgend einer Weise nachtheilig beeinflusst werden könnte.

Ueber Constructionen aus alten Eisenbahn-Schienen.

Von den Ingenieuren

J. Willkomm und R. Kołodziej.

Wahl des Constructions-Profils.

In neuester Zeit haben sich die Ingenieure bereits mehrfach bestrebt, die alten nicht mehr für das Befahren tauglichen Eisen- und Stahlschienen zu verschiedenen Zwecken des Bahnbaues zu verwenden. Hierbei muss stets als leitender Gedanke festgehalten werden, die Schiene ohne jede oder doch ohne bedeutende Umgestaltung dem Zwecke entsprechend zu verwerthen, und sodann Constructionen zu bilden, die in ihrer Zusammenstellung ebenso einfach sind, wie wenn neue Façon-Eisen hiezu verwendet worden wären.

Mit Rücksicht auf das Vorerwähnte dürfte der Vorschlag, die Schiene durch einen Schnitt oder Hobelung am Stege zu trennen und so Profile zu gewinnen, welche, zur Construction verwendet, entgegen der Schiene mit vollem Profil, nachfolgende Vortheile bieten würden, und zwar:

1. Lassen sich Bestandtheile der so aus Schienen geschaffenen Caliber vortheilhaft verwenden, weil alle Constructionstheile, mit Ausnahme der Knoten- und Stossbleche, aus diesem Caliber leicht durchführbar sind und dort gewechselt werden können, wo die statischen Gesetze einen Caliberwechsel vorschreiben, hiemit wird das Eigengewicht den theoretisch festgestellten Gesetzen möglichst angepasst.

2. Der Schienenkopf ist durch die unmittelbare Berührung mit dem rollenden Materiale meistens entweder plattgedrückt oder mit losen Paqueten behaftet, oder in der Längensachsen-Richtung, namentlich an den Schienen-Enden geborsten, dann auch ist diese Berührung die Ursache, dass dieses Eisen sich meistens dem Gussmateriale nähert.

Diese Aenderungen in dem Materiale des Kopfes, sowohl bezüglich der Form als Zusammensetzung, scheinen uns massgebend genug, um den Schienenkopf abzutrennen.

3. Die Nietung der Einzeltheile zu einem Ganzen ist durch die Beibehaltung des Kopfes sehr erschwert, während dieselbe bei dem aus Schienen umgestalteten Profil sehr erleichtert wird und solid durchzuführen möglich ist.

4. Kostete der Schnitt per Zehntel-Tonne in Eisenbahn-Werkstätten, wo das Profil durch Hobelung ohne besondere Einrichtung erzeugt wurde, 1 fl. ö. W. und wird hiebei noch immer das halbe Gewicht der Schiene als Pauscheseisen verkäuflich rückgewonnen.

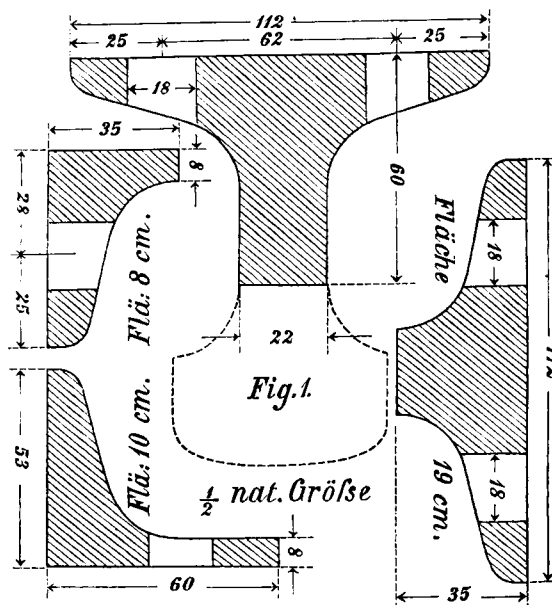
Selbstverständlich wird die Erzeugung im Grossen bedeutend billiger zu stehen kommen.

5. Die Verbindungs- und Stossbleche werden zwischen 20% bis 25% des Constructions-Gewichtes ausmachen, wodurch diese Constructionsart per Einheit sich sehr billig stellen wird.

6. Durch den Schnitt an dem Steg der Schiene wird man sofort vollständig darüber klar, ob das zur Verwendung in Aussicht genommene Materiale keine Fehler hat und mit Sicherheit verwendet werden kann.

Durchführung der Umgestaltung und Verwendung zu einer Construction.

Die Schienen werden entweder durch einen oder durch zwei Schnitte umstaltet, hiedurch vier Arten von Façon-Eisen (Fig. 1) erzielt, deren Ausnützungsflächen sich mit 25 cm^2 , 19 cm^2 , 10 cm^2



und 8 cm^2 ergeben, je nachdem der Schienensteg über der unteren Schienenfusslinie 60 mm und 35 mm zerschnitten wird, oder dass die 25 cm^2 und 19 cm^2 haltenden Flächen nochmals durch einen in der Mitte des Steges senkrecht auf den Schienenfuss geführten Schnitt getheilt werden.

Sämmtliche Brücken-Constructionstheile, als Ober- und Untergerüste, Bänder und Streben, Quer- und Schwellenträger-Bestandtheile, lassen sich aus diesen Formen, mit Rücksicht auf jeden Caliberwechsel leicht bilden, und die Nietung kann bis auf die Stoss- und Verbindungsbleche in den Werkstätten vorgenommen werden; dieselbe ist dadurch selbst an jenen Stellen, wo U-Eisen und senkrechte Streben zu verbinden sind, bequem durchführbar.

Die Form von 8 cm^2 und 10 cm^2 Fläche dürfte namentlich zu Quer- und Schwellenträgern der Brücken und zu Dach-Constructionen mit Vortheil zu verwenden sein, und können Constructionen für Hochbauzwecke aus diesen Formen billig und entsprechend durchgeführt werden.

Zusammenstellung der Gewichte und Kosten.

Mit Rücksicht auf die Zeichnungen Fig. 2 und 3 mögen bezüglich des Gewichtes nachstehende, auf Grund der Berechnung gestützte Daten als Nachweis dienen, und zwar:

a) Stützweite 6.3 m , Fahrbahn oben hat Gewicht der Stoss-Knotenbleche und Nieten, somit neues Materiale 500 kg , Schienen-eisen nach umgestalteten Profilen 1600 kg und Gusseisen als Lager, Schwellenstühle und Geländer 600 kg .

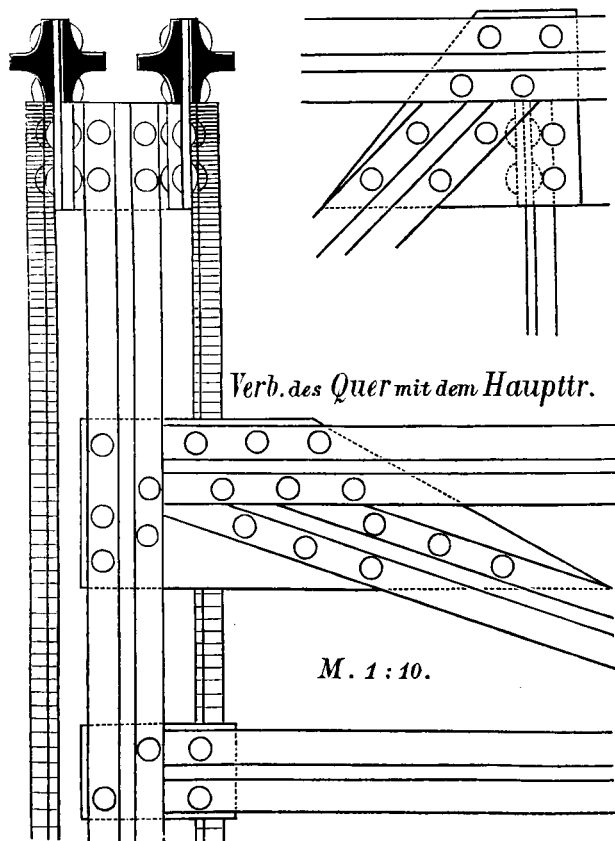
Hienach ergeben sich, unter Zugrundelegung des per Zehntel-Tonnen-Einheitspreises für die neuen Bleche und Niete 32 fl. ,

für das umgestaltete Schieneneisen 7 fl., d. h. 4 fl. Materiale, 1 fl. die Hobelung, 2 fl. Lochung der aus umgestalteten Schienen erzeugten Façonnen und für das neue Gusseisen mit 16 fl., die Kosten der Construction:

$$\begin{aligned} 5 \times 32 &= 160 \\ 16 \times 7 &= 112 \\ 6 \times 16 &= 96 \\ \hline \text{zusammen} & 368 \text{ fl.} \end{aligned}$$

b) Stützenweite 18^m, die Fahrbahn zwischen den Tragwänden.

Figur 2.



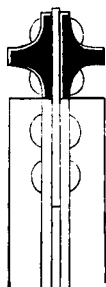
Hat das Gewicht der Stoss- und Verbindungsbleche, Nieten und Schwellenträger 3000^{kg}, Schieneneisen 11.500^{kg} und Gusseisen 400^{kg}, somit

$$\begin{aligned} 30 \times 32 &= 960 \\ 115 \times 7 &= 805 \\ 4 \times 46 &= 64 \\ \hline \text{zusammen} & 1829 \text{ fl.,} \end{aligned}$$

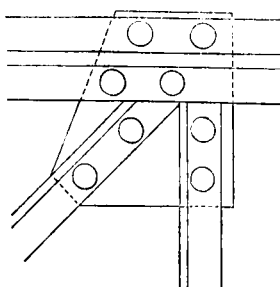
daher kommt per Zehntel-Tonne sammt Allem 12 fl. 30 kr.

Wenn auch bezüglich der Montierungskosten dieser Constructionsart

keine Erfahrungsergebnisse zur Seite stehen, so wird jeder Ingenieur zugeben müssen, dass dieselben nicht höher sein werden als bei anderen ähnlichen genieteten Constructions, somit, dass dieselben den Kostenpunct keineswegs alteriren werden, und dass hier nur die Material-Beschaffung massgebend ist.



Figur 3.



Bei der Beurtheilung der Kosten möge ferner stets vor Augen gehalten werden, dass Eisenbahnschienen jeder Art und jeder Material-Beschaffenheit (Eisen oder Stahl) eine praktische Verwendung finden werden.

Wahl des Sicherheitsgrades.

Mit Rücksichtnahme auf die Austheilung der Oberbauschwellen kann mit Gewissheit behauptet werden, dass bei Eisenbahnschienen die Grenzbelastung beim Befahren zumeist nicht eintreten wird; wenn aber schon in dieser Richtung Bedenken vorkommen sollten, dann unterliegt es ja mit Rücksicht auf das so billige Materiale keinem Anstande und wird die Kosten nicht bedeutend erhöhen, wenn der Sicherheitsgrad von 6 auf 8 erhöht wird, und werden dann die Massen wie 3:4 im Verhältnisse stehen und sich die Kosten auch nur in diesem Verhältnisse bei dem Materiale aus Schienen erhöhen.

In den beiden Beispielen ist der Sicherheitsgrad so gewählt, dass der Quadrat-Centimeter höchstens mit 750^{kg} in Anspruch genommen wird.

Die Diamant-Röhrenbohrung

und ihre

Verwendung beim Tunneliren, insbesondere beim Durchsetzen von Alpenpässen *).

Von

Ingenieur **Sautter.**

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 8.)

Die ganz ausserordentlichen Resultate, welche in jüngster Zeit bei Tiefbohrungen durch Anwendung der Diamant-Röhrenbohrer erzielt wurden, haben in Fachkreisen das höchste Staunen und Interesse wachgerufen, und die Thatsache, dass damit in sehr festem Gestein Schächte von grossem Querschnitte mit wesentlicher Zeitersparniss gegenüber dem bisherigen Verfahren erst abgebohrt, dann abgeschossen und gefördert wurden, dass die hiezu nöthigen Bohrlöcher auf bisher unerreichte Tiefen und mit bisher unerreichter Geschwindigkeit niedergestossen wurden, die sichere Aussicht endlich, dass dieses neue Verfahren sich mit der Zeit ebenso vervollkommen und beschleunigen lassen werde, wie solches die Percussions-Bohrmaschinen-Arbeit im letzten Jahrzehnt erfahren hat — diese Erwägungen legen es nahe, die Einführung der Schachtteufung mittelst Diamant-Röhrenbohrung in die Tunnelirkunst anzustreben, und wahrlich sie muss eine grosse Zukunft haben!

*) Benützte Werke: „Die Diamant-Bohrung bei Böhmisches-Brod“, Vortrag des Herrn Ober-Ingenieurs Franz Ržiha (Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Heft I, 1876) und die dort angezogene Literatur. Diesem Vortrage verdankt die vorliegende Arbeit den Anstoss, und dem aufmunternden Urtheile des Herrn Ober-Ingenieurs über die ihm vorgelegte Frage, ob die Einführung der Diamant-Bohrung in die Tunnelirkunst möglich und zweckmässig erscheine, ihre Ausführung. — Ferner wurden benützt: „Beurtheilung des St. Gotthard-Baues“, vom selben Verfasser (Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Heft IV, 1875). — „Die Arbeiten und Maschinenanlagen am St. Gotthard-Tunnel“, vom k. k. Hauptmann Klar (im gleichen und folgenden Heft). — „Deutsche Bauzeitung“, Nr. 81, 1876.

Die gelungene Probearbeit vom Mont-Cenis hat die Aufnahme langer, tiefegelegener Alpendurchstiche in die Projectirung der Eisenbahnen begründet und ein neues Tunnelbau-System aufgebracht: „Die Herstellung der ganzen Röhre von nur zwei Angriffspuncten aus, im Gegensatze zu dem bisher ausschliesslich herrschenden Tunnelbau-Betrieb mittelst Schächten.“

Nur ganz gewichtige Betriebsrücksichten konnten die Ingenieure dazu bestimmt haben, von der sicheren, leichten und billigen Herstellung hochgelegener, kurzer, schachtbarer Tunnels abzugehen und sich für die tiefliegenden, langen Tunneltracen zu entscheiden, und die Heftigkeit und Ausdauer, mit welcher diese beiden Ideen, namentlich bei der Wahl einer der drei Tracen: Splügen, Lukmanier und St. Gotthard, gegen einander stritten, der erfolgreiche Widerstand, den die Lukmanier-Variante lange Zeit dem Gotthard-Projecte leistete, „weil sie den Vortheil der Schachtbarkeit bot“, die warme Fürsprache, welche hervorragende technische Grössen Oesterreichs in der Enquête über den Arlberg-Tunnel deshalb zu Gunsten anderer als der schliesslich zur Ausführung vorgeschlagenen Variante erhoben „weil jene schachtbar seien“; der Werth, der schliesslich den drei, an den Enden des siegreich hervorgegangenen Projectes V liegenden Schächten von der Enquête beigelegt wurde, obgleich die beiden sich zunächst liegenden ein Tunnelstück von $8 \cdot 2^m$ zwischen sich fassen, alle diese Vorgänge zeigen und bezeugen, wie ungern man sich von der Tunnelausführung mit Schächten trennte.

Aber die Betriebs-Interessen überwogen und die Tieflegung der Tunnels und damit die Unmöglichkeit der Schachtanlage mussten angenommen werden; denn in jenen hohen Regionen bewegte sich die Trace im jäh ansteigenden Urgebirge, es ruht also auf dem Tunnelrücken das harte Gebirge mit solcher Mächtigkeit, dass dessen Untersenkung mit Schächten unter Benützung der bisher zu Gebote stehenden Mittel: „Hand- oder Percussions-Bohrung“ einen derartigen Zeitaufwand erfordern würde, dass der Nutzen der Schächte und ihr Einfluss auf die Tunnelirung ein illusorischer werden müsste; man begab sich also der unschätzbaren Eigenschaften der Schächte und verzichtete:

1. Auf die leichte Controle der Richtung von den Schächten aus und auf die Möglichkeit, eingeschlichene Fehler zu entdecken, ehe sie bedeutende Grösse angenommen und sich auf grosse Längen erstreckt hatten;

2. auf die leichte Herstellung der Ventilation, die sich bis zum Durchschlägigwerden der einzelnen Theilstrecken mit gewöhnlichen Ventilatoren bewerkstelligen liess, nach dem Durchschlag aber von selbst eintrat, indem die Schächte als Camine der Stollen wirkten und selbstthätig ventilirten;

3. auf die Möglichkeit, den Hauptstollen (Sohlenstollen) zu gleicher Zeit in mehreren Theilstrecken zwischen je zwei Orten zu betreiben, bei der Kürze derselben sie rasch durchzuschlagen und dann Aufbrüche für den Vollaussbruch in beliebiger Anzahl zu erhalten: also die Beschleunigung des Baues beliebig zu vervielfachen;

4. auf die ungemeine Erleichterung in der Förderung der Ausbruchmassen und dem Einlegen der Arbeitsgeräthe, Zimmer- und Maurer-Materialien, ermöglicht durch die Aufzüge in den Schächten, und

5. auf die Sicherheit, welche die zahlreichen Oeffnungen durch ihre geringe Entfernung von einander, also leichte Erreichbarkeit bei Gefahren, bieten.

Umbildung des Schacht-Tunnellirens.

Nun galt es, die Einbusse, die man beim Uebergang zu den continuirlichen Röhrentunnels mit voller Kenntniss des Verlustes mit in den Kauf genommen hatte, durch zweckmässige Einrichtungen weniger fühlbar zu machen, oder durch Einführung neuer Hilfsmittel dieselben zu ersetzen; dadurch änderten sich die fünf Cardinalpuncte folgendermassen:

- I. Die Angabe und Controle der Richtung geschieht zwar im alten und neuen System im Grunde auf dieselbe Weise und mit denselben Instrumenten, nur müssen beim letzteren die Instrumente grösser und schärfer sein, um mindestens auf die halbe Tunnellänge tragen zu können. Hiedurch wurde hinwiederum ein äusserst genaues Festlegen der Achse und der Instrumente in ihr bedingt, was zu den massiv gebauten, wohlverwahrten Observatorien in der Nähe der Tunnelmündungen und in der Verlängerung der Hauptachse, bei gebrochenem Linienzuge aber zu besonderen Richtstollen (Visir-Galerien) führte. Einer entschiedenen Aenderung unterlag Punct
- II. Die Ventilation, weil auf die grosse Länge der Tunnelhälfte und darüber hinaus selbst durch Maschinen bewegte grosse Ventilatoren nicht mehr im Stande waren, die Luft bis vor Ort vorzutreiben, es musste ein kräftigeres Mittel an Stelle der Gebläse gesetzt werden, welches man in der comprimierten Luft fand. Damit war der Hauptgriff für die Ausführbarkeit langer, tiefegelegener Tunnels gethan, denn die ausserordentliche Kraft, mit welcher die zusammengepresste Luft ihrem früheren Zustande entgegenstrebt, bot neben der Ventilation auch noch das Mittel, die aufgegebenen Vortheile des Punctes
- III. Beschleunigung des Stollendurchschlages einigermaßen zu ersetzen, indem dieselbe als Motor für Bohrmaschinen verwendet, und so an Stelle der Handarbeit die der dreifach rascher schreitenden Maschinen gesetzt wurde. Auch für Punct
- IV. Die leichte Förderung, konnte sie einige Aushilfe gewähren, indem sie zum zweiten Male zum Dienst als Motor, und zwar von Locomotiven herbeigezogen wurde und es erlaubte, mit grosser Geschwindigkeit ganze Züge (also bedeutende Quantitäten) hin und her zu bewegen. Dagegen konnte für Punct
- V. Leichtes Entrinnen der Arbeiter bei drohender Gefahr, kein eigentlicher Ersatz gefunden werden.

Vergleichung des alten und neuen Systems.

Durch die Einführung obiger Ersatzmittel ist zwar viel erreicht worden, aber der Vergleich der Art und Weise, auf welche im alten und neuen Systeme die fünf Hauptpunkte des Baues gelöst werden, zeigt, dass mit den letzteren ganz entschiedene Mängel in das Tunneliren eingeführt wurden. Schon Punct

I. Die markscheiderische Aufgabe, obwohl im Principe gleich geblieben, ist von der neuen Methode sehr nachtheilig berührt; bei der Schachtmethode sicher und handlich, weil nur kurze Strecken von sicheren und leicht controlirbaren Puncten aus einzurichten sind, ist sie bei der neuen Methode zu einer ziemlich complicirten Manipulation geworden. Je tiefer der Richtstollen vorwärts dringt, je mehr er sich vom fixen Instrumente entfernt, um so dichter wird die durch das Sprengen, Ausdünsten des Gesteins und der Arbeiter und den Qualm der Lampen erzeugte Dunstsäule, wodurch eine sorgfältige Luftreinigung in der Stollenröhre vor Beginn einer jeden Operation, also eine längere Arbeits-einstellung nöthig wird. Die Unmöglichkeit, sich direct vom Observatorium aus mit den weit entfernten Hilfsarbeitern vor Ort zu verständigen, verlangt ein umständliches, elektrisches Signalsystem, die geringe Leuchtweite gewöhnlicher Flammen ein eben solches Beleuchtungssystem und wohleingeschulte Leute, kurz einen sehr complicirten, theueren und zeit-raubenden Apparat.

Da ferner auf der fixen Lage des Instrumentes seine sichere Wirkung ganz besonders beruht, muss die Haupttrace des Tunnels durchaus in der Geraden liegen: es zwingt die Künstlichkeit der Aussteckungs-Manipulationen zur grössten Einfachheit im Tracenzug, und verbietet daher die Anwendung von Curven, es sei denn ganz in der Nähe der Mündungen, wodurch aber hinwiederum das Durchschlagen von besonderen Richtstollen (Visir-Galerien) ausser dem Hauptstollen nöthig wird. Gestattet aber die Terraininformation diese Galerien nicht, weil sie sich in's Gebirge verlaufen oder zu lang werden, wie bei dem an seinen Enden gebrochenen Arlberg-Tunnel, so müssen statt derselben, einzig zum Zwecke der markscheiderischen Arbeiten, besondere „Richtschächte“ in den End-puncten der geraden Hauptlinie abgeteuft (im Tangentenschnitt) und nun erst bis zum Bogenanfang- und -Ende Visir-Galerien durchgeschlagen werden; die Trace ist also auch hier beeinflusst und muss mit ihrer Richtung Terrain-puncten zustreben, die schachtbar sind, verliert also die Unabhängigkeit von der Gebirgsprofilirung, die diese Tunnelir-Methode sonst charakterisirt.

Wegen der Einrichtungen für die markscheiderischen Aufgaben sind diese Schächte für die Förderung ganz oder zum grossen Theil unbrauchbar, und wird im k. k. Bericht nur der bei Stuben gelegene als hiefür einigermaßen verwendbar bezeichnet, dem bei St. Jacob aber nur Werth als Richtschacht beigelegt. Diese Schächte hindern, weil die Instrumente direct auf der Arbeitssohle aufgestellt werden müssen, ein Fixiren derselben, und während sonst alle Vor- und Einrichtungen gleich umständlich bleiben, wie beim durchaus geraden Tunnel, verliert die Markscheidung

hier auch noch die unbedingte Sicherheit, die im festgelegten Instrumente ruht.

Die markscheiderische Aufgabe erscheint daher beim neuen Systeme nur auf Kosten der Billigkeit, der Einfachheit, der Schnelligkeit, der Sicherheit, des ungestörten Tunnelbetriebes und der Beweglichkeit der Trace gelöst.

Zu ähnlichen Resultaten führt die Betrachtung von Punct

II. Die Ventilation. Es lässt das Einströmen der comprimirtten Luft an Stelle der durch Saug-Apparate entfernten schlechten nichts zu wünschen übrig, so lange alle Factoren: Maschinen und Röhrenleitung richtig zusammenwirken; die Künstlichkeit dieser Einrichtung bedingt aber sofortige Unterbrechung der Luftzufuhr, sobald einer der Mechanismen defect oder absichtlich ausser Dienst gesetzt wird. Es ruft daher die häufig wiederkehrende Verlegung der Luftleitungsröhren eben so oft die Unterbrechung der Arbeit (Bohrung) hervor, platzende Röhren, undichte Stellen wirken gleichermassen auf die Arbeit: kurz, das Künstliche der Ventilation erzeugt in der Praxis zahlreiche Widerwärtigkeiten und Arbeiten, die bei der natürlichen Ventilation durch Schächte ganz wegfallen.

Es ist also auch die Ventilation nur durch Einbusse an Einfachheit, Billigkeit, ungestörter Wirksamkeit ihrer selbst und der Tunnelirarbeit im neuen System erzielt.

III. Die Beschleunigung des Stollendurchschlages, die als Haupttugend des neuen Systems (erzielt durch maschinelle Bohrung mittelst comprimirtter Luft) gilt, und die in den ersten Vierteln der Gotthard-Stollenlänge sich auf das Dreifache, später auf das Vier- und Fünffache der Handarbeit im Maximum steigerte, verliert ihren Ruhm gegenüber der Beschleunigung desselben durch Schachtanlage. Ein einziger solcher, in der Tunnelmitte angelegt, wiegt alle Vortheile der Maschinenbohrung auf und umgeht ihre Nachtheile; er theilt die Arbeit in zwei halb so lange Theile, als die Maschinenbohrung für sich zu bewältigen hat, reducirt alle Transporte auf die Hälfte und erlaubt trotz der Handarbeit ein Durchschlägigwerden fast in derselben Zeit, wie die Maschinenarbeit.

Mehrere Schächte vervielfachen diese Vortheile, und gestatten eine Beschleunigung und billige Herstellung des Stollendurchschlages, wie sie die maschinelle Einrichtung nimmer erreichen kann.

Das Durchschlägigwerden des Stollens steht also beim neuen System in Bezug auf Zeit und Billigkeit weit hinter dem alten zurück.

Am ungenügendsten bedacht im neuen System erscheint Punct:

IV. Die leichte Förderung; alle Ausbruchmassen müssen durch zwei Oeffnungen aus der Röhre hinausgeschafft werden; zu diesen Oeffnungen müssen aber herein eben so viele leere Waggons als volle hinausgehen, ferner alle Geräthschaften, alle Arbeitsmaschinen, Zimmerungs- und Maurer-Materialien, alle die verschiedenen Luft-Zu- und Abfuhrrohre, Telegraphendrähte, die Arbeiter und das Aufsichtspersonal: kurz, es entsteht an diesen beiden Puncten

ein solches Zusammendrängen aller möglichen Platz beanspruchenden Factoren, dass entweder ein gegenseitiges Aufhalten derselben (also Verstopfung der Röhre) oder eine verminderte Schnelligkeit einzelner Arbeitsprocesse entstehen muss! Die Vorgänge am St. Gotthard und das Urtheil des Ober-Ingenieurs Herrn Ržiha bestätigen dies, und wenngleich sie hier in ungewöhnlich heftiger Weise auftraten wegen des Vortreibens eines First- statt eines Sohlenstollens, lässt sich jedoch nicht zweifeln, dass ähnliche Missstände auch bei Vermeidung dieses Fehlers auftreten werden. Namentlich steht dies bei der neuen Methode nach dem Durchschlägigwerden des Hauptstollens zu erwarten; auf ihn ist bisher alle Kraft verwendet, alle anderen Arbeiten sind rücksichtslos gegen ihn zurückgestellt worden, insbesondere der Vollausschub; jetzt soll dieser plötzlich auf Tausenden von Metern beginnen, die Mauerung mit ihm gleichen Schritt halten: wie können alle die hiezu nöthigen Gefässe ein- und ausfahren, ohne sich gegenseitig zu belästigen und zu hemmen!

Beim alten System: wie einfach gestaltet sich die Förderung; die kurzen Strecken zwischen zwei Schächten arbeiten ganz selbständig, ohne mit ihren Nachbarn in Collision zu kommen, gestatten dem Vollausschub dem Sohlenstollen rüstig zu folgen, Ausweichen und Depôtplätze anzulegen, statt der dreifach rascheren und doppelt theueren Maschinenarbeit die Handarbeit beizubehalten und trotz ihrer Langsamkeit den ganzen Bau früher zu vollenden als bei Anwendung des neuen Systems, — die Baukosten, die Geldbeschaffung und die Intercalarzinsen des Tunnel-Anlagecapitals nicht nur, sondern auch die der ganzen Linie überhaupt zu verringern und die Bahn baldigst betriebs- und erträgnissfähig zu machen, so dass in die Augen springt:

Die Förderung ist die Achillesferse des neuen Systems; für sie bietet das alte System bauliche und pecuniäre Vorthelle, welche das neue nicht annähernd erreichen kann.

Der letzte Punct:

V. Die Sicherstellung der Arbeiter, wird in seiner Bedeutung meist unterschätzt (siehe Ržiha: „Beurtheilung des St. Gotthard-Tunnelbaues“) und ist bei der neuen Methode entweder ganz ausser Acht gelassen (wie am St. Gotthard) oder nur ungenügend erstellt durch den Wassercanal (wie am Mont-Cenis). Arbeitet man auf englische Manier vom Sohlenstollen aus, und treibt, um dem Mangel einer gesicherten Rückzugslinie abzuweichen, zugleich mit demselben den Wassercanal vor, so kommt er gerade unter die Dienstbahn zu liegen, muss daher bedeckt werden, was in Anbetracht seiner Weiten nur mit schweren Deckplatten oder Wölbung geschehen kann, dann ist er aber nur noch vor Ort zugänglich, und um seinen Zweck aufrechtzuerhalten, müssen in kurzen Distanzen bedeckte, leicht zu öffnende Einsteigschächte seitlich der Achse angelegt werden; dieselben können nach der Tunnelvollendung beibehalten werden zur Reinigung und Beaufsichtigung des Abzugscanals.

Bei starkem Wasserandrang verliert aber auch dieses Hilfsmittel seinen Werth, der ohnehin nicht zu hoch an-

geschlagen werden darf, weil bei drohender Gefahr an den Einsteigschächten ein solches Gedränge sich erheben wird, dass die Engigkeit der Abzugsröhre bei einer Nothlage sich zur wahren Noth gestalten wird.

Der Schachtbau lässt bei der Nähe der Stellenmündungen die dem Mineur drohende Gefahr: Einsturz des Gebirges und Abgeschnittenwerden gering erscheinen, zu noch grösserer Sicherheit kann auch hier der Wasserstollen mitgetrieben werden — alle Gefahr hat aber ein Ende nach dem bald erzielten Durchschlägigwerden der einzelnen Strecken.

Die neue Methode ist also nicht im Stande, für die Sicherheit der Arbeiter genügend einzutreten, wo das alte System stets den möglichsten Grad von Sicherung — nach dem Durchschlägigwerden der einzelnen Theilstrecken aber den höchsten Grad — vollkommenen Schutz vor dem Abgeschnittenwerden gewährt.

Schlussfolgerung.

Der Vergleich beider Systeme ergibt in Bezug auf Billigkeit und rasche Beendigung der Gesamtarbeit einen entschiedenen Ausschlag zu Gunsten des alten Systems, bei einzelnen Detailarbeiten dagegen, wie beim maschinellen Stollentrieb und Vollausschub ein rascheres aber theureres Fortschreiten des neuen Systems; alle fünf verglichenen Cardinalpuncte aber sind durch diese Methode von früher äusserst einfachen Manipulationen, von ungekünstelten und theilweise selbstthätigen Einrichtungen zu höchst complicirten Processen umgewandelt, für deren Ingangsetzung und Unterhaltung ein ganzes Etablissement von Maschinen und mechanischen Werkstätten während der ganzen Dauer des Baues an jedem Mundloch nöthig wird.

Wo das neue System durch die Künstlichkeit seiner Mittel und die ebenso künstliche Organisation des Baubetriebes unsere Bewunderung erregt, wo es die Natur zu seinen Diensten zwingt und sie durch sich selbst bezwingt, da erfreut uns das alte System durch die Schlichtheit seiner Anordnungen und das Anbequemen an die Naturgesetze:

Daher Klarheit und durchsichtige Disposition, einfachste Mittel, kürzeste Wege, ungestörte Aufeinanderfolge aller Arbeitsprocesse, und Billigkeit und Raschheit des Gesamtergebnisses hier, beim „Schachtbau-System“.

Complicirter Organismus, künstliche Mittel, weite Distanzen, Vermengung der einzelnen Operationen, gleichzeitige Thätigkeit der verschiedenen Manipulationen vor-, hinter- und nebeneinander, gegenseitiges Hemmen, verminderte Einzel- und Gesamt-Geschwindigkeit, und grosse Vertheuerung des ganzen Baues dort, beim „Stollenbau-System“.

Ist man sich aber einmal bewusst, welche Vorthelle man durch den Uebergang zum Stollenbau-System eingebüsst hat, so macht sich auch sofort der Wunsch geltend, dieselben zurückzuerhalten und Mittel zu ersinnen, um denselben wieder theilhaftig zu werden.

Verlassen wurde die alte Methode, weil die Zeit, welche das Abteufen tiefer Schächte beanspruchte, ihren Einfluss auf die Beschleunigung des Baues gleich Null erscheinen liess.

Die Grenze, bis zu welcher man Schachtteufung für anwendbar und zweckdienlich hielt, war beim Arlberg-Project im Glimmerschiefer 416^m (Trace III), sie darf also im Kalk, dessen Härte sich zu der des Glimmerschiefers verhält wie 1 : 3 wohl zwischen 500^m und 600^m angenommen werden; dann hätte man aber auf der westlichen Seite 1·8^{km}, von Schacht II gegen Tunnelmitte noch einen Schacht von 500^m bis 600^m Teufe anlegen, die Tunnelröhre auf 6^{km} verkürzen und die Aufgabe bedeutend erleichtern können; dass auch dies nicht in's Project aufgenommen wurde, spricht dafür, dass man in Teufen über 420^m die Manipulation mit Percussions-Maschinen und comprimierter Luft, vielleicht wegen des Aufziehens und Ablassens des ganzen Apparates vor- und nach jeder Chargirung und der dadurch gestörten Förderung für unzweckmässig hielt, und eine solche Verminderung der durchschnittlichen Monatsleistung von 30^m voraussetzte und berechnete, dass man bei Schächten von dieser Teufe keine Vortheile für die Tunnelirung mehr fand.

Nichts Anderes hat also am Arlberg-Tunnel-Projecte und auch noch bei anderen derartigen den Abgang von der Schachtteufung veranlasst, als die dafür nöthige zu grosse Bauzeit; kann diesem Uebelstande abgeholfen, ein rascheres, bequemer Schachtteufen gefunden werden, welches erlaubt bis zu 1000^m zu gehen: so werden die meisten Alpentunnels unter das Schachtbau-System gebracht werden können, ihre Kosten werden erheblich vermindert, die Bauzeit verkürzt, und so manchem Project Lebensfähigkeit gegeben werden können, das bisher wegen dieser beiden Hauptfactoren eben nur Project geblieben ist.

Dies anzubahnen, dem Schachtbau-Tunnelir-System wieder die mit Recht innegehabte herrschende Stellung zurückzuerobern, soll Zweck dieser Arbeit, und die Einführung der Schachtteuf-Methode mittelst Diamant-Röhrenbohrung die kräftige Waffe dazu sein *).

Die allgemeinen Betrachtungen haben dazu geführt, dem Schachtbau-System den Vorzug vor dem Stollenbau zuzuweisen: es sollen aber auch Zahlen sprechen und deshalb die Resultate der Berechnung der Kosten und Bauzeit einer und derselben Tunneltrace nach beiden Systemen einander gegenübergestellt werden. Hiezu ist die Trace V des Arlberg-Tunnel-Projectes gewählt, denn für sie liegen in dem veröffentlichten Bericht des k. k. Handelsministeriums, Wien 1872, so genaue Angaben vor — die vortrefflichen Arbeiten und Untersuchungen der k. k. geologischen Reichsanstalt und der k. k. General-Inspection für Eisenbahnen gestatten so vollkommenen Einblick in die geologi-

schen, klimatischen, Preis- und Arbeitsverhältnisse, dass dadurch eine Beurtheilung der massgebenden Daten und Motive ermöglicht und für unsere vergleichende Berechnung eine äusserst schätzenswerthe Basis der Einheitsätze für beide Systeme gewonnen ist.

Neu mussten nur die Einheitsleistungen und Preise für die Schachtteuf-Methode mittelst Diamant-Röhrenbohrung entwickelt werden, und sind dazu die Mittheilungen und Angaben der im Eingang erwähnten Werke benützt worden; diese geben nur die ersten auffälligen Resultate der neuen Tiefbohr-Methode und ihrer Anwendung wieder — seitdem aber hat sich dieselbe an Hand der vielfachen Erfahrung gewiss verbessert und in ihren Leistungen zugenommen, und wird dies auch noch ferner thun, so dass unsere Zahlen als die Minimalleistung der neuen Methode gelten können und daher noch ganz andere Fortschritte erwartet werden dürfen, als die von uns angegebenen, umsomehr, als gerade im hohen Gebirge die Diamantbohrung das ihr zusagendste Terrain — gleichartiges, festes Gestein — findet, also die Mängel umgeht, die ihr von ihren Gegnern (Noth) im weichen oder wechselnden Gestein beigelegt werden, und sie vielmehr hier ihre Vorzüge in glänzender Weise zur Geltung bringen wird.

A) Baukosten- und Zeitberechnung für das Arlberg-Tunnel-Project bei Anwendung der Stollenbau-Methode.

(Bericht des k. k. Handelsministeriums.)

Aus den im Berichte des k. k. Handelsministeriums enthaltenen Untersuchungen und Zahlen geben wir in knappem Auszuge das Nöthigste für die folgenden Berechnungen, und erfahren so:

Die zur Ausführung empfohlene Trace V, Blatt 8, hat eine Länge von 12·4^{km}; sie ist an ihren Enden gebrochen: einmal um dem südlich lagernden harten Glimmerschiefer auszuweichen, sodann und hauptsächlich um die Anlage dreier Schächte von nicht unmöglicher Teufe zu erzielen; dadurch ist zwar das Project in die Reihe der schachtbaren Tunnels gerückt, aber nur scheinbar, denn die Lage des östlichen derselben (Schacht I) mit 1·2^{km} vom Einlauf und der beiden westlichen mit 2·1^{km}, respective 3·0^{km} vom Auslauf, lassen zwischen Schacht I und II ein Röhrenstück von 8·2^{km}, das nur von zwei Seiten her angegriffen werden kann — die Ausführung des Arlberg-Tunnels fällt also unter die Stollenbau-Methode.

Die Trace durchschneidet auf der östlichen Seite von St. Jacob her bis zum ersten Knie und Schacht I den „Sandstein“, reich an Quarzkörnern, tritt von hier ab in den Arlberg-Kalk und läuft in ihm bis zur westlichen Mündung, nur in der Mitte fällt nochmals eine spitze Zunge Sandstein ein.

Die Charakterisirung des Arlberg-Kalkes ist folgendermassen gegeben: Dunkel bis lichtgrauer, splittriger, muschlig brechender Kalk, in einzelnen Lagen hydraulische Mergel und Kalke.

Die Härte der am Arlberg vorkommenden Gesteine wurde durch Bohrung von Normalgesteinen, d. h. einfachen

*) Diese neue, sogenannte amerikanische Abteufungs-Methode der Schächte mittelst Diamant-Röhrenbohrung wurde unseres Wissens schon bei den neueren Projecten des Arlberg-Tunnels in Vergleich gezogen.
D. Red.

Gesteinen und keinem Gemenge, und Vergleichung der Meisselfortschritte in der Zeiteinheit (per Minute) bestimmt, und gefunden:

Gestein	Aequivalent für 1 ^m Quarz	Aequivalent für 1 ^m Kalk
Arlberg-Kalk	5.42	1.000
Dolomit	6.41	1.190
Sandstein (Verukano-Schiefer)	1.93	0.360
Glimmerschiefer	1.90	0.350
Quarz und Quarzit	1.00	0.184

Ausbruchstücke aus dem Mont-Cenis, mit demselben Instrumente angebohrt, ergaben die Härteverhältnisse zwischen den in beiden Tunnels herrschendem Gesteine, und liessen damit die muthmassliche Leistung im Arlberg-Kalk auf die Erfahrungsergebnisse am Mont-Cenis basiren, welche in ausgiebigster Weise für das neue Project ausgebeutet werden sollten.

Seit dem Verfassen des Berichtes ist aber der St. Gotthard-Tunnelbau in's Leben getreten und hat neue Erfahrungen und Erfolge für das künstliche System aufgebracht, welche in dem gesteigerten Fortschritte des Hauptstollens bestehen, von welchen die Beschleunigung des ganzen Tunnelbaues bei diesem Systeme abhängt. Während nämlich der monatliche Maximal-Fortschritt durch Vervollkommen der maschinellen Einrichtungen in den letzten zwei Jahren des Mont-Cenis-Baues auf 155.6^m Hauptstollen (von beiden Seiten zusammen) gebracht wurde, beträgt dieser nach vierjährigem Bau, also der halben Bauzeit, und beständiger Vervollkommen der Maschinen beim St. Gotthard 170.6^m oder er hat sich um 15^m = $\frac{1}{10}$ seiner bisher gekannten Schnelligkeit gehoben, und ist damit wohl an der Grenze des Erreichbaren, also an der absoluten Maximalleistung angekommen. (Siehe R. z. i. h. a.)

Die Zeitangaben des Berichtes des k. k. Handelsministeriums sind also um $\frac{1}{10}$ zu verbessern, oder die darin normirte Bauzeit des Arlberg-Tunnels auf $8.5 - 0.85 = 7.65$ Jahre zu reduciren; da aber die Beschleunigung erst in der zweiten Hälfte des maschinellen Bohrbetriebes eintreten wird, und vorher, namentlich in den ersten Baujahren, eine bedeutend mindere Leistung zu erwarten ist, muss jenes Resultat auf das praktisch richtige von $8.5 - \frac{0.85}{2} = 8.045$, also auf achtjährige Bauzeit festgesetzt werden.

Die Wasserverhältnisse müssen auf der Südseite, im Glimmerschiefer, als sehr schlechte, dem St. Gotthard ähnliche, bezeichnet werden; die Schichten fallen sehr steil ein, unter 70—80°, und lassen grosse Quantitäten Tagwasser erwarten. — Im Kalk ist die Schichtung weniger steil, nimmt gegen Norden ab und lässt auf günstigere Wasserverhältnisse schliessen.

Für das Auffahren des Sohlenstollens und der Schächte ist mechanische Kraft, Percussions-Bohrung, unter Anwendung von comprimierter Luft als Motor vorgesehen, alles Andere von Hand; die hierauf basirten Kosten und Zeitberechnungen finden sich in Tabelle I zusammengestellt.

Die nach den St. Gotthard-Resultaten reducirte Bauzeit beläuft sich statt auf 8.5 auf 8.0 Jahre.

Die directen Bau- und Arbeitskosten . . fl. 17,997.478
Geldbeschaffungskosten und Intercalarzinsen „ 10,123.580

Gesamtkosten des Tunnels fl. 28,121.058

B) Baukosten- und Zeitberechnung für das Arlberg-Tunnel-Project bei Anwendung der Schachtbau-Methode.

Der Tunnel wird mit Schächten betrieben und werden möglichst viel derselben angelegt; ihre Abteufung geschieht durch Diamant-Röhrenbohrung und Dynamitsprengung; bei allen anderen Manipulationen wird von Hand gearbeitet; Profile und Dimensionen bleiben gleich wie unter A, ebenso die Einheitspreise für Arbeiten, die bei beiden Methoden dieselben sind.

I. Kostenberechnung für die Schachtaufahrung.

Um die ursprüngliche Diamant-Tiefbohrmaschine für Schachtteufung verwerthen zu können, musste dieselbe auf ihre Minimal-Dimensionen $0.63/0.30$ bei 0.75 Höhe umgebildet werden, wodurch ein dichtes Nebeneinanderstellen von fünf bis acht Maschinen in eine Reihe und der gleichzeitige Betrieb aller Maschinen einer Reihe durch gemeinschaftlichen Motor und Welle ermöglicht, und so gewissermassen das Bohrgestell mit seinen sechs Maschinen, wie es die Percussionstechnik aus dem Einzelstossbohrer entwickelt hat, auf den Leschotschen Kernbohrer übertragen wurde.

Die Anwendung der Diamantbohrung zur Schachtteufung, wie sie Herr Professor Rochelt in Leoben an einem amerikanischen Beispiel gibt, lassen wir in der Anmerkung folgen *).

*) Die amerikanischen Ingenieure Shelley und Bullok gingen folgendermassen vor: Sie trieben durch die lockeren oberen Erdschichten einen Schacht von gewünschtem Profil bis zur regelmässigen Gesteinslagerung, befestigten dort fünf Diamant-Bohrmaschinen auf verschiebbarem Holzgerüst und bohrten fünf Bohrlöcher zumal auf eine Tiefe von 70^m bis 100^m nieder; sodann wurde Gerüst samt Bohrmaschine verschoben, die zweite Reihe Sprenglöcher abgebohrt u. s. f. — Die Anzahl der Reihen und Maschinen richtet sich nach dem Gesteine. Die Root'sche rotirende Maschine (einfache Bohrmaschine) wird ober Tag mit Dampf, unterirdisch mit comprimierter Luft betrieben. Zur Betriebsbeschleunigung werden anstatt Kernbohrer Vollbohrer verwendet von 0.045 Kronenbreite. Die Leistung ergibt sich mit 10^m bis 12^m Bohrtiefe per Maschine in 24 Stunden. Sind sämtliche Löcher des Schachtes niedergebohrt, so werden die Maschinen abgetragen und beginnt die eigentliche Sprengarbeit. Zu diesem Zwecke werden die Bohrlöcher mit Sand gefüllt und mit Kräzer soviel herausgenommen, dass Sprenglöcher von 1^m bis 1½^m Tiefe zurückbleiben; auf den Sand wird ein Lehmpropfen geschlagen und die Löcher auf die gewöhnliche Weise mit Dynamit besetzt. Die Sprengung wird mit elektrischer Zündung abgethan, erst die Mittelscher, um entsprechenden Einbruch zu erzielen und die Gebirgsspannung aufzuheben, dann die Stosslöcher der Reihe nach. Nach erfolgter Ausförderung des gesprengten Materials, Vornahme der entsprechenden Nachnahme-Arbeit und Zimmerung wird die Sprengung fortgesetzt wie zuvor; die Nacharbeit soll dabei sehr gering sein. — Bei einem Schachtprofil von 4.5^m im Quadrat = 20.25^m sollen zum Laden, Sprengen und Abräumen drei Häuer und drei Handlanger genügen, und dabei eine Ausfahrung per Monat von 25^m bis 30^m erzielen. — Die durchschnittliche Talleistung, Hindernisse und Verzögerung eingerechnet, kann zu 18^m angenommen werden. Nach der Broschüre: „Die Diamant-Bohrmaschine und ihre Verwendung“ von Ober-Ingenieur Pupovač in Wien, kosten 1 Fuss Diamantbohrung Mark 5.50, 1^m = Mark 17.4 oder fl. 8.70. — Die Herstellungskosten

Berechnung der Baukosten des Arlberg-Tunnels unter Anwendung des Stollenbau-Systems.

Nach den Preis- und Zeitanätzen des Berichtes des k. k. Handels-Ministeriums.

	Beschreibung der einzelnen Beschaffungen und Arbeiten	Anzahl der gleichen Theile	Einheitspreise	Einzelkosten	Gesamtkosten
			Gulden		
I.	a) Die Kosten für die Herstellung und Einrichtung der Werkplätze an beiden Mündungen; als Motor der Compressoren ist Wasserkraft vorgesehen	1	1,320.000	1,320.000	
	b) Die Kosten für die Einrichtung der Werkplätze für Schachtbetrieb, Ankauf der Bohrmaschinen, der Apparate für Förderung und Hebung (Wasserhaltungs-Maschinen), Unterkunft der Arbeiter: für Schacht I tiefer als 300 ^m	1	138.550	138.550	
	„ „ II und III unter 300 ^m	2	135.550	271.100	
					1,729.650
II.	Die Kosten der Schachtaufahrung; Querschnitt 16·8□ ^m = 6·9/2·3 ^m , monatl. Fortschritt im Kalk 30 ^m ; Schacht I mit 354 ^m } 879 laufenden Meter {	354	309	109.386	
	„ II „ 216 ^m }	216	309	66.744	
	„ III „ 309 ^m }	309	309	95.481	
					2,271.611
III.	Die Kosten der Auffahrung des Richtortes, monatl. Fortschritt im Kalk 65 + 65/10 = 72 ^m ; Querschnitt 7□ ^m = 2·3/2·3 ^m Im Kalk, von den Mündungen aus 1200 + 2100 = 3300 } 12.400 { .	3.300	330	1,089.000	
	„ „ „ Schächten aus = 7800 } laufende { .	7.800	350	2,730.000	
	Im Sandsteine = 1300 } Meter { .	1.300	800	1,040.000	
					4,859.000
IV.	Kosten des Vollaushruches, ohne Sohlenstollen; Querprofil durchschnittlich 52□ ^m ; Ausbruch im Sandstein per laufenden Meter fl. 13.—, Transport fl. 2.—, zusammen fl. 15.—; Ausbruch im Kalk per Kub.-Meter fl. 7.—, Transport fl. 4.—, zusammen fl. 11.— Für den Vollaushruch im Sandstein 1300 laufenden Meter	1.300	780	1,014.000	
	„ „ „ „ Kalk 11.100 „ „	11.100	572	6,349.200	
					7,363.200
V.	Kosten der Ausbruchverkleidung, Ausmauerung per laufenden Meter durchschnittlich fl. 250.—	12.400	250	3,100.000	
					3,100.000
VI.	Ausbruch und Ausmauerung der Wassercanäle, der Einsteigschächte, der Nischen des Tunnels per laufenden Meter fl. 25.—	12.400	25	310.000	
					310.000
VII.	Kosten der Bauaufsicht, Verwaltung, Strassenanlagen, Allgemeines und Unvorhergesehenes	1	363.017	364.017	
					364.017
	Gesamt-Baukosten				17,997.478
VIII.	Geldbeschaffungskosten; Emissionscurs von 80 per 100 = 25% des Baucapitals (1/4)			4,499.369	
IX.	Intercalarzinsen für die angesetzte Bauzeit von 8·5 Jahren 25% „ „ (1/4)			4,499.369	
X.	Geldbeschaffung für die Intercalarzinsen 6 1/4% „ „ (1/16)			1,124.842	
					10,123.580
	Gesamtkosten des Arlberg-Tunnels bei der Stollenbau-Methode .				28,121.058

(Schluss folgt.)

Eisbrech-Schiffe der Stadt Philadelphia.

Von

Ernest Pontzen,
Civil-Ingenieur.

Philadelphia's Schiffahrtsverkehr war in früherer Zeit alljährlich durch die Hindernisse, welche das am Delaware-Fluss sich bildende Eis schuf, argen Störungen unterworfen.

Verschiedene zur Verbesserung der Winterschiffahrt ausgeführte Bauten erwiesen sich als ungenügend, während Versuche,

eines Schachtes mit Diamantbohrung werden nicht geringer sein als beim Abteufen mit Percussions-Gesteins-Bohrmaschinen, aber die Totalkosten verringern sich durch kürzeren Betrieb und nicht so langes Aufbringen der Kosten für Wasserhaltung, und es lässt sich erwarten, dass diese Methode des Schachtabteufens, welche in Amerika und Englands schon vielfach zur Verwendung kam und auch in Deutschland, und zwar in Saarbrücken und Zabrze zur Anwendung kommen soll, auch bei uns festen Fuss fassen werde.

die mit Schiffen gemacht wurden, welche mittelst ihrer Sporen und der Schaufeln ihrer Räder das Eis zertrümmern, die besten Erfolge gaben.

Mit Hilfe einer genügenden Zahl solcher „Eisbrech-Schiffe“ gelang es sowohl durch die während der strengsten Winter sich bildende stehende Eiskruste einen sicheren Schiffahrtsweg frei zu machen, als auch ungeachtet des stärksten Eistreibens Schiffe unversehrt verkehren zu lassen.

Der Delaware-Fluss, welcher bei Philadelphia circa 900^m breit ist, erweitert sich, nachdem er unmittelbar unter Philadelphia eine Einengung auf nahezu 700^m erfahren hat, sehr rasch und muss von „Delaware-City“ ab, woselbst er ungefähr 3^{km} Breite erreicht, schon als die Delaware-Bucht bezeichnet werden.

Während der Fluss oberhalb Philadelphia in südwestlicher Richtung fließt, ändert er zwischen Philadelphia und Fort-Mifflin, in seinem circa 10^{km} langen Laufe, seine Richtung wiederholt in scharfen Wendungen. In diesem Theile des Stromes und insbesondere in der 7 bis 8^{km} langen, „Horseshoe“ (Hufeisen)

genannten Strecke, in welcher einzelne sehr bedeutende Verbreiterungen vorkommen, treten die Eisstauungen am häufigsten ein.

Die mittlere Winter-Temperatur in Philadelphia (40° nördl. Breite) und die Zahl der Tage, an welchen in Folge des Eises die Schifffahrt am Delaware jährlich unterbrochen war, ist aus folgender Tabelle zu entnehmen:

Zeitraum	Mittlere Winter-Temperatur in Graden Celsius	Mittlere Zahl der Tage, während welcher die Schifffahrt am Delaware jährlich durch Eis unterbrochen war
1790 — 1810	— 0·94	15·95
1810 — 1830	— 0·93	9·85
1830 — 1850	— 0·38	11·00
1850 — 1860	+ 1·15	9·70

In einem Berichte, welchen der mit der Verbesserung der Delaware-Schifffahrt betraute amerikanische Staats-Ingenieur, Oberstlieutenant J. D. Kurtz, im Jahre 1872 an seinen Vorgesetzten, den General A. A. Humphreys richtete, beleuchtete dieser erfahrene Fachmann die drei Mittel, die er in's Auge gefasst hatte, um den Schiffsverkehr von und nach Philadelphia während des Winters ununterbrochen zu erhalten. Als solche bezeichnete er:

1. Das Durchbrechen des Eises und das Beseitigen der Eisschollen mittelst Maschinen (Eisbrechschiffe).

2. Verbesserung der Wasserstrasse durch Einbauten.

3. Vermeidung der den Eisstauungen am meisten ausgesetzten Flussstrecken durch Herstellung neuer Rinnsale.

Als Ergebniss seiner Studien und fortgesetzten Beobachtungen über dieersprießlichkeit dieser Mittel gelangt Mr. Kurtz zu folgendem Ausspruche:

„Welches auch die angewandten Mittel zur Behebung seien, so wird doch stets die Mitwirkung der Eisschiffe sich als unentbehrlich erweisen.“

„Die reichliche, entsprechende Benützung dieser Eisschiffe, ohne jeglicher sonstigen Vorkehrung, könnte die Schifffahrt stets vor Unterbrechungen durch Eis bewahren, während keines der anderen Mittel ohne Mithilfe der Eisschiffe hiezu genügen würde. Diese Schiffe wären somit selbst für den Fall, als der Fluss durchgehends ein gerades und gleiches Bett erhielte, nützlich.“

Das erste „Ice-Boat“ war bereits im Jahre 1837 in Verwendung gekommen. Es war aus Holz hergestellt und bewirkte die Zertrümmerung der Eisschollen durch Auflaufen. Der stark mit Eisen armirte Vordertheil des schweren Schiffes durchbrach die Eiskrusten, und die kräftigen Radschaufeln zerschlugen zu beiden Seiten des Schiffes die Schollen. Durch 30 Jahre leistete dieses Schiff stets Dienste und erst im Jahre 1867 wurde der hölzerne Schiffskörper durch einen eisernen ersetzt.

Im Jahre 1870 wurde ein zweites und im Jahre 1873 ein drittes eisernes Eisbrech-Schiff in Thätigkeit gesetzt.

Schon zur Zeit als nur zwei Schiffe vorhanden waren, gelang es durch deren richtige Verwendung, während des Winters 1871/2, die Schifffahrt ununterbrochen zu erhalten. Jener Winter 1871/2 muss als ein für den Schiffsverkehr ungünstiger bezeichnet werden, weil die Temperatur schon am 5. December 1871 auf — 9·4° C. sank und sich von da an nicht genug hob, um das Eis während der folgenden Monate zum Schmelzen zu bringen. Es verschwand erst Mitte März 1872.

Die Winter 1872/3 und 1873/4 boten keine Gelegenheit zu weiteren massgebenden Beobachtungen, da beide, namentlich aber letzterer, ausnahmsweise milde waren. Um so strenger war der Winter 1874/5. Er bot die beste Gelegenheit zur Bestätigung der Ansicht, dass die drei zu jener Zeit bereits thätigen Eisschiffe der Stadt Philadelphia genügend seien, um die Schifffahrt vor jenen Unterbrechungen zu bewahren, welche durch das Eis hervorgerufen werden.

Diese drei Eisbrecher haben sich nicht nur als ausreichend erwiesen, um den Delaware-Fluss von Philadelphia bis zur Bucht während der strengsten Winter schiffbar zu erhalten; sie genügten auch, um den Schuylkill-Fluss benützbar zu erhalten. Dieser Fluss, welcher unterhalb des „Horseshoe“ in den Delaware mündet, ist wegen der an demselben bestehenden Werften und Ladebühnen für den Schiffsverkehr von Wichtigkeit.

Im Schuylkill genügte in der Regel täglich eine Auf- und eine Abfahrt eines Eisschiffes. Ungleich mehr Thätigkeit erfordert die Erhaltung der Schiffbarkeit am Delaware, woselbst das Treibeis durch die bis nach Philadelphia noch sehr fühlbare Bewegung der Ebbe und Fluth bald rückgestaut, bald wieder mit erhöhter Geschwindigkeit fortgeführt wird. Nur den durch die Ebbe und Fluth hervorgebrachten Niveau-Schwankungen ist es zuzuschreiben, dass, obwohl das Eis oft 25 bis 30^m Mächtigkeit erlangt, dennoch nur selten die ganze Breite des Delaware sich mit einer stehenden Eiskruste überdeckte. Das Treibeis bewegt sich häufig mit einer Geschwindigkeit von 2 bis 2·5^m per Secunde.

Das im Jahre 1873 vollendete „City Ice-Boat Nr. 3“ ist das grösste der bisher erbauten Eisschiffe; der Körper desselben ist 61^m lang, 10·65^m breit und 4·58^m tief, und aus Eisenblech von 15^{mm} bis 20^{mm} Dicke hergestellt. Der Vordertheil des Schiffes ist auf circa 10^m Länge von doppelter Blechstärke. Der Kiel ist aus Schmiedeeisen von 230^{mm} auf 75^{mm}; der Bugsporen aus Schmiedeeisen von 240^{mm} auf 115^{mm}. Der das Steuerruder umfassende Rahmen, der bei Rückbewegung des Schiffes gegen die Eisschollen anfährt, ist ebenfalls aus bestem gehämmerten Eisen erzeugt und hat der äussere Ständer 255^{mm} auf 90^{mm}, der innere 215^{mm} auf 75^{mm} Querschnitt.

Die beiden von einander unabhängigen, aber durch eine Scheiben-Kuppelung von 1^m Durchmesser vereinbaren Räder haben je einen grössten Durchmesser von 7·52^m. Sie haben 3·66^m Breite und sind deren Schaufeln von sechs Speichenkränzen getragen, deren zwei mittlere sich unmittelbar berühren, während die vier übrigen in gleichen Abständen von einander stehen. — Die Schaufelbretter sind 0·915^m breit und sind zwischen den an den Speichen angebrachten inneren und äusseren Kränzen und an die Speichen selbst festgemacht. Der äussere Durchmesser des äusseren Kranzes misst 7·30^m. — Die sechzehn in jeder Speichenscheibe enthaltenen Speichen reichen um 0·11^m über den Umfang des äusseren Kranzes und über die äussere Kante der Schaufelbretter vor und bilden somit am Radumfang in der Ebene jeder Speichenscheibe sechzehn Vorsprünge.

Die Radspeichen sind aus Eichenholz von 230^{mm} Breite und 150^{mm} Dicke, sie sitzen in starken gusseisernen Nabestern von 2·140^m Durchmesser, welche auf den 430^{mm} starken Achsen aufgekeilt sind.

Der äussere, die sechzehn Speichen jeder Speichenscheibe verbindende Kranz ist aus Schmiedeeisen von 125^{mm} Höhe und

25^{mm} Breite, während der innere Kranz aus Eichenholz von 230^{mm} Höhe und 150^{mm} Breite hergestellt und mit zwei Flacheisen von 100^{mm} auf 12^{mm} armirt ist.

Da die vorspringenden Speichenköpfe sowie die Schaufelbretter zur Zertrümmerung der Eisschollen dienen, sind diese Theile der Räder mit sehr starken Eisenbeschlägen versehen.

Die zwei horizontalen Maschinen können je nach Belieben jede separat oder beide zusammen arbeiten. Die Cylinder haben 2·750^m Hubhöhe und 1·270^m Durchmesser. Der Dampf hat fünf Atmosphären Spannung. Es kann mit oder ohne Condensation gearbeitet werden. Die vier Röhrenkessel sind je zwei und zwei vereint.

Die Gesamt-Bemannung des vollständig ausgerüsteten Schiffes beträgt 32 Mann, für welche im Schiffsraume die nöthigen Schlafstellen, Küchen und sonstigen Räume vorgesehen sind.

Da die Eisschiffe nicht nur zum Durchbrechen des Eises dienen, sondern auch als Schlepper („Tuggs“) benützt werden, sind sie demgemäss ausgestattet. Die Schlepptaue haben 250^{mm} Umfang.

Die Herstellungskosten des Eisschiffes Nr. 3 erreichten 490.000 fl. ö. W. — Die beiden früher erbauten Schiffe

kosteten zusammen nicht viel mehr. Mr. Kurtz hatte in seinem Berichte vom Jahre 1872 die Herstellungskosten eines Eisschiffes auf 320.000 fl. veranschlagt, wobei er 254.000 fl. für das Schiff und 66.000 fl. für die Maschinen in Rechnung setzte.

Diese von Mr. Kurtz aufgestellte Kostenberechnung stimmt nahezu mit den Kosten des „City Ice-Boat Nr. 2“, welches 56·64^m lang, 9·24^m breit und 3·80^m tief ist, und dessen Maschinen Cylinder von 2·440^m Hubhöhe und 1·140^m Durchmesser haben.

Indem Mr. Kurtz die Dauer der Maschinen mit 35 Jahren, jene des Schiffes mit 10 Jahren in Rechnung brachte, gelangte er zu folgenden jährlichen Kosten per Eisschiff:

$\frac{1}{10}$ des Schiffspreises	25.400 fl.
$\frac{1}{35}$ der Kosten der Maschinen	2.000 „
Jährliche Reparaturen	7.600 „
Jährliche Betriebskosten	20.600 „

Zusammen jährlich 55.600 fl. ö. W.

Die Verwaltung der drei Eisbrech-Schiffe ist von der Stadt Philadelphia einem Ausschusse übertragen worden, welcher für die Benützung derselben durch ein- oder auslaufende Schiffe Tarife festgesetzt hat, welche in nachfolgender Tabelle auszugsweise wiedergegeben sind:

Hin- oder Rückfahrt zwischen Philadelphia und:	Entfernung in Kilometern	Tarif für das Tauen, wenn Eis am Delaware-Flusse ist						Tarif für das Tauen, wenn der Delaware-Fluss eisfrei ist					
		Tonnen Gehalt der getauten Schiffe						Tonnen Gehalt der getauten Schiffe					Für je weitere 50 Tonnen
		Bis zu 200 T.	200 T. bis 500 T.	500 T. bis 800 T.	800 T. bis 1100 T.	1100 T. bis 1300 T.	1300 T. und darüber	Bis zu 150 T.	150 T. bis 500 T.	500 T. bis 800 T.	800 T. bis 1100 T.	1100 T. bis 1300 T.	
		Kreuzer ö. W. per Tonne						Kreuzer ö. W. per Tonne					
Chester	26·5	36	32	28	26	24	22	22	14	13	12	11	6·—
New-Castle	53·9	46	44	42	38	34	30	30	20	19	18	16	8·—
Reedy-Island	74·0	58	54	50	44	42	40	36	25	24	22	20	10·—
Bombay-Hook	98·1	68	64	58	54	50	46	44	31	30	27	25	12·—
Ledge-Lightboat	123·8	82	76	70	64	60	56	54	36	35	32	30	14·—
Brandywine	144·8	94	84	80	72	66	62	60	41	40	36	33	16·—
Breakwater	165·7	104	96	88	80	74	70	66	46	45	40	38	18·—

Als Ergänzung zu dieser Tabelle sei erwähnt, dass auch für kürzere Fahrten als jene zwischen Philadelphia und Chester die für Chester festgesetzten Taxen eingehoben werden, und dass Schiffe von geringerem Tonnengehalte als 70 Tonnen stets für 70 Tonnen tarifiert werden.

Wenn ein Eisschiff nicht zum Tauen benützt wird, sondern nur berufen ward, um einem sich selbst bewegenden oder von anderem Schlepper bewegten Fahrzeuge vorzufahren, werden 20% der jeweiligen Taugebühr eingehoben. Die Wartengebühr ist per Stunde auf 40 fl., die Entschädigung für ein bestelltes, jedoch wieder abgesagtes Eisschiff auf 50 fl. festgesetzt.

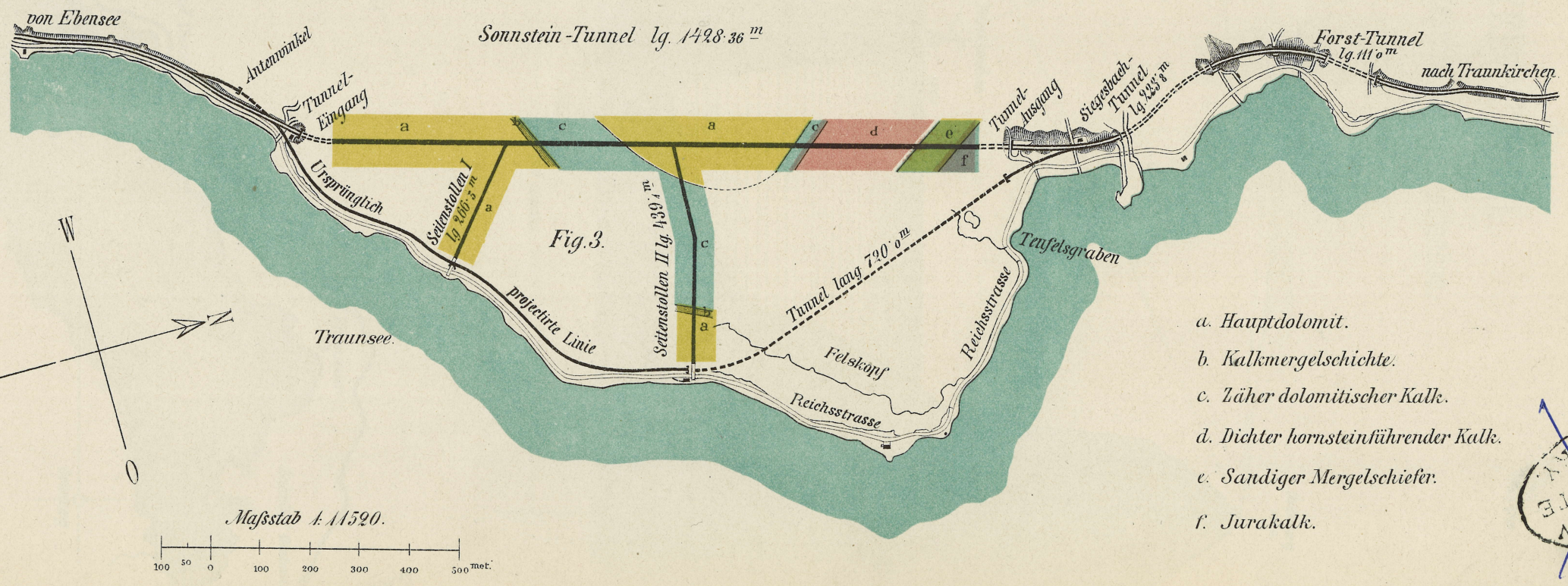
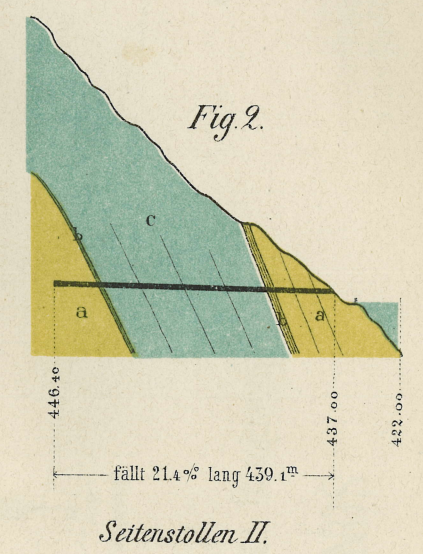
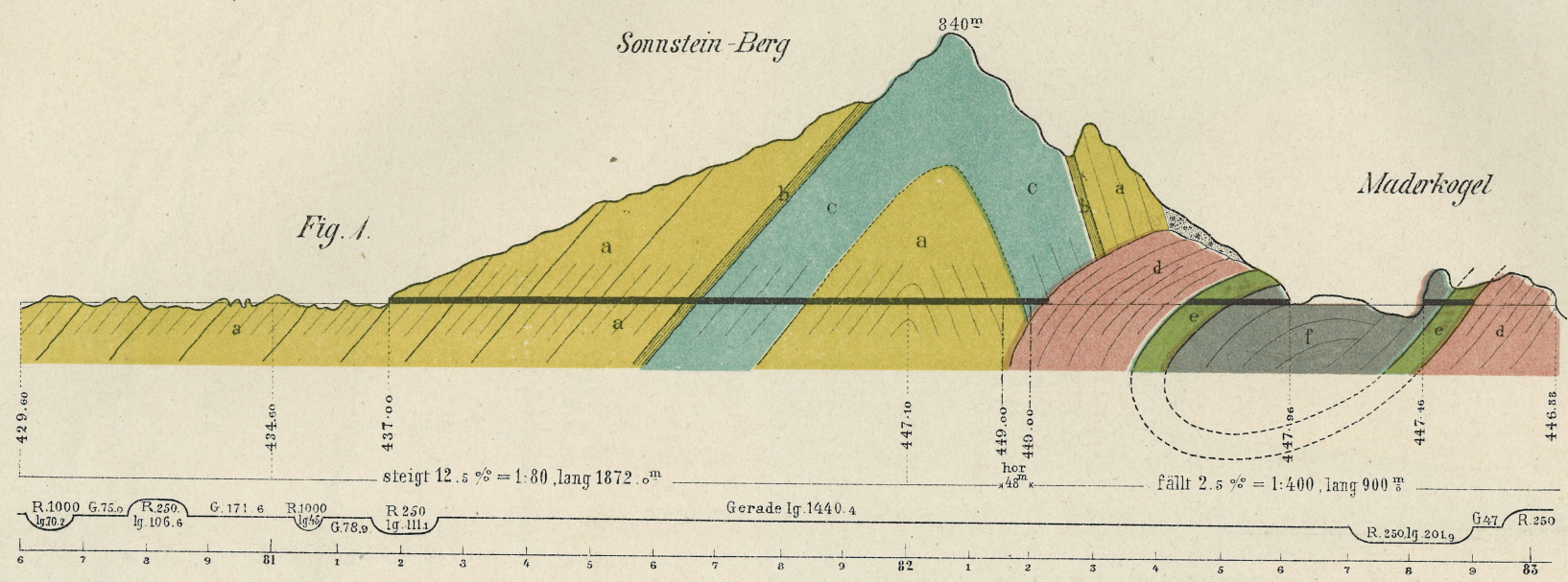
In manchen Jahren hat der Eisbrech-Schiff-Ausschuss seine Jahres-Rechnung mit einem Deficite von nahezu 50.000 fl. geschlossen.

Trotz solcher Deficite darf, in Anbetracht des Vortheiles, den die nun erzielte Ununterbrochenheit der Schifffahrt der Stadt Philadelphia bietet, das Unternehmen der Eisschiffe als ein für sie sehr vortheilhaftes bezeichnet werden.

Die Ein- und Ausfuhr des Hafens von Philadelphia betrug von Juli 1872 bis Juli 1873 99,264.000 fl.; sie hat sich seither stetig gesteigert und in der Zeit von Juli 1876 bis Juli 1877 bereits 130,044.000 fl. erreicht.

Sowohl auf den Canälen Belgiens und Hollands als auch auf der Elbe sind Eisbrech-Schiffe seit Jahren in Verwendung. Das hiemit über die Eisschiffe am Delaware Angeführte dürfte jedoch ganz besonders geeignet sein, zur Einführung von Eisbrech-Schiffen auf der Donau anzueifern.

LÄNGEN-PROFIL UND SITUATIONSPLAN DES SONNSTEIN-TUNNELS



SONNSTEIN-TUNNEL.

Absteckung und Controlle der Tunnelachse.

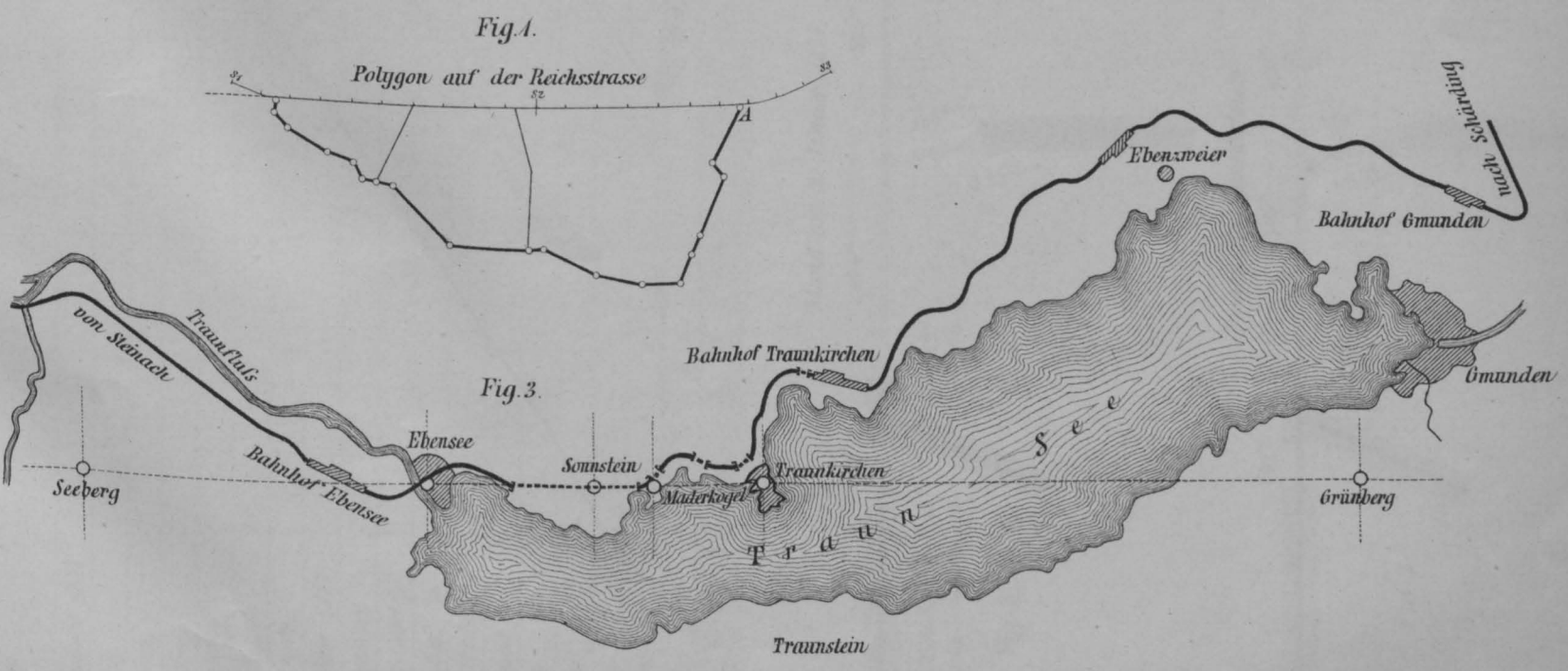
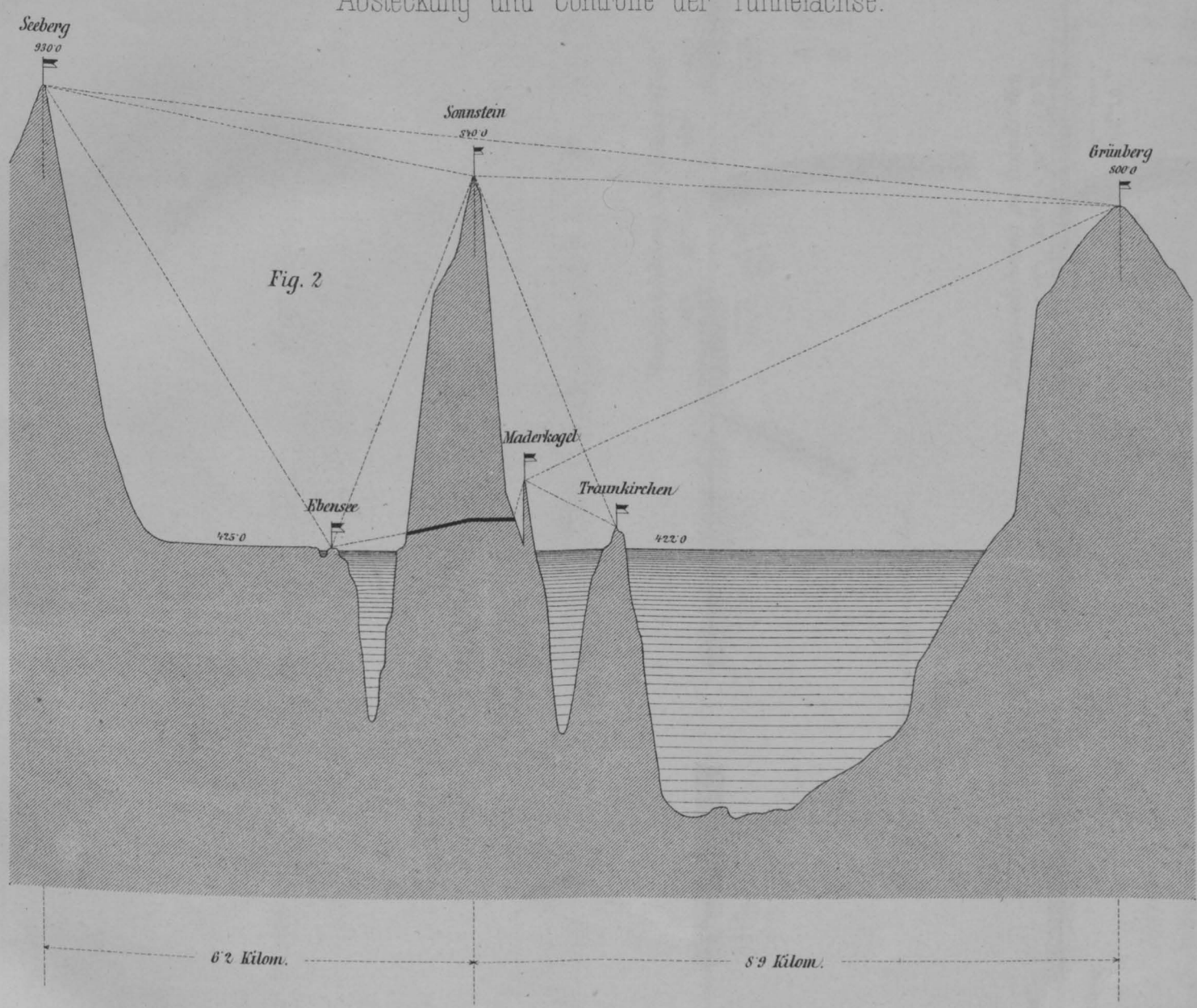
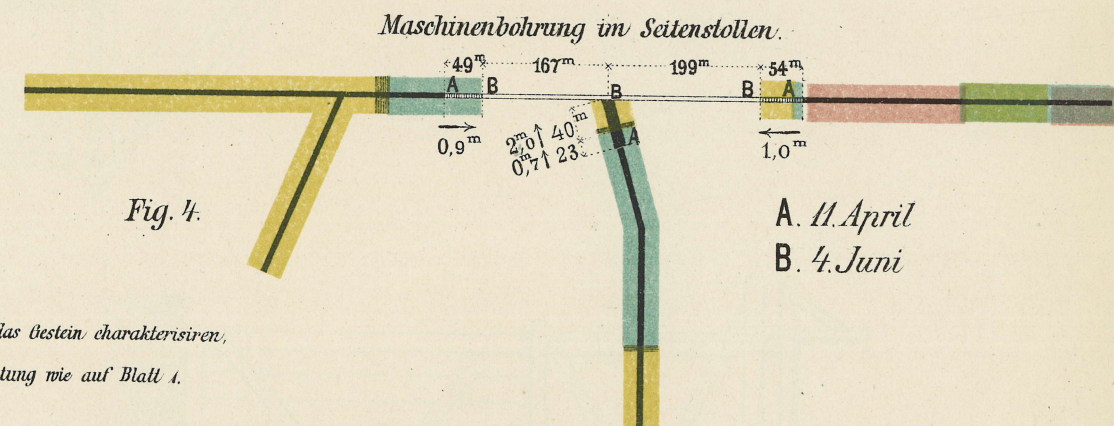
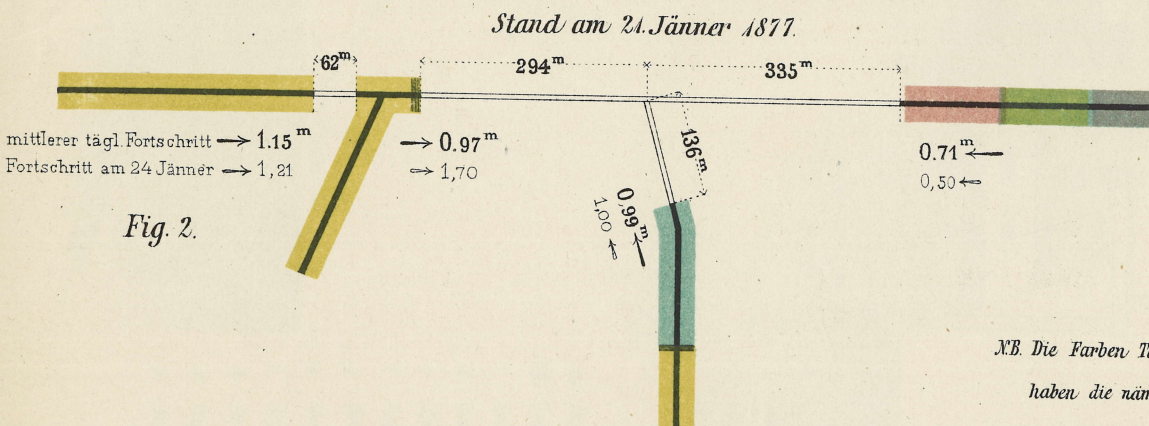
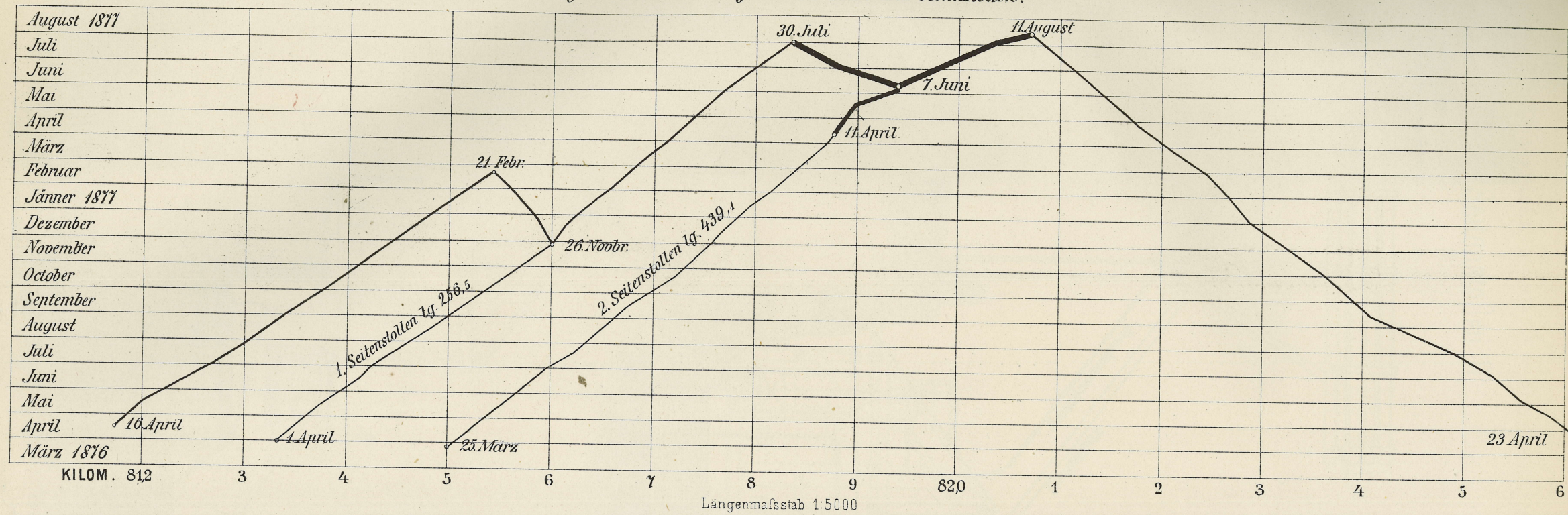
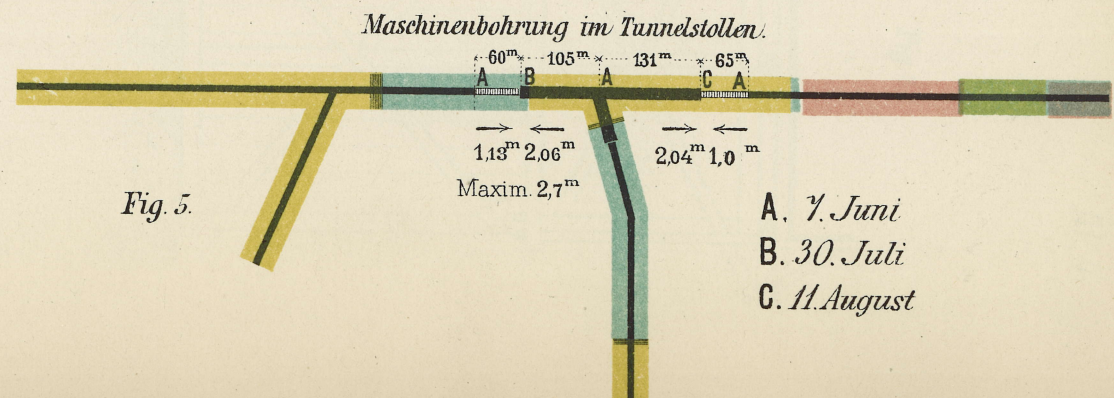
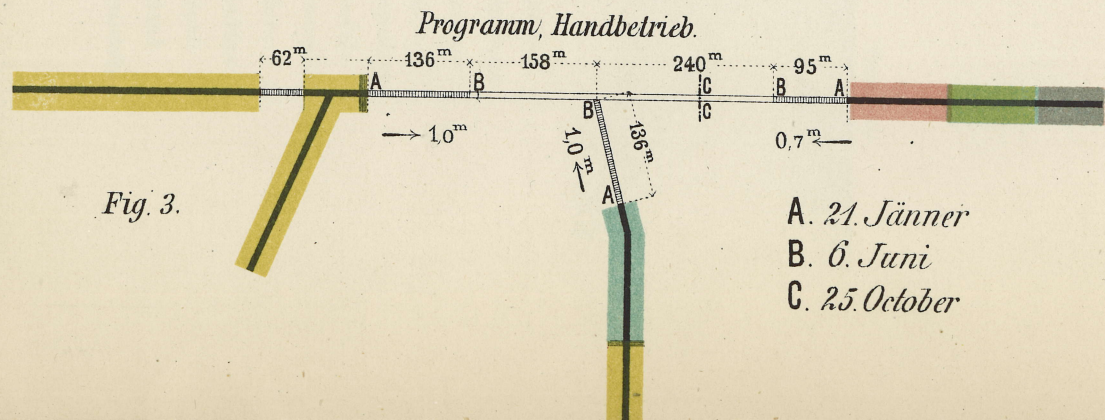


Fig. 1. Fortschritts-Diagramm der Richt- und Seitenstollen.



NB. Die Farben Töne, welche das Gestein charakterisiren, haben die nämliche Bedeutung wie auf Blatt 1.



SONNSTEIN-TUNNEL

Schuttgerüste und Maschinenhaus am Seitenstollen II.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3. Längenschnitt durch das Maschinenhaus.

Fig. 5.

Fig. 4. Grundriß.

- aa Dampfkessel.
- bb Druckpumpe.
- c Accumulator.
- d Vorwärmer.
- e Speisepumpe.
- f Locomobile.
- g Reservoirpumpe.
- h Ventilator.
- i Schleißstein.
- k Drehbank.
- m Werkbank.
- p Schmiedefeuer.

Fig. 1.

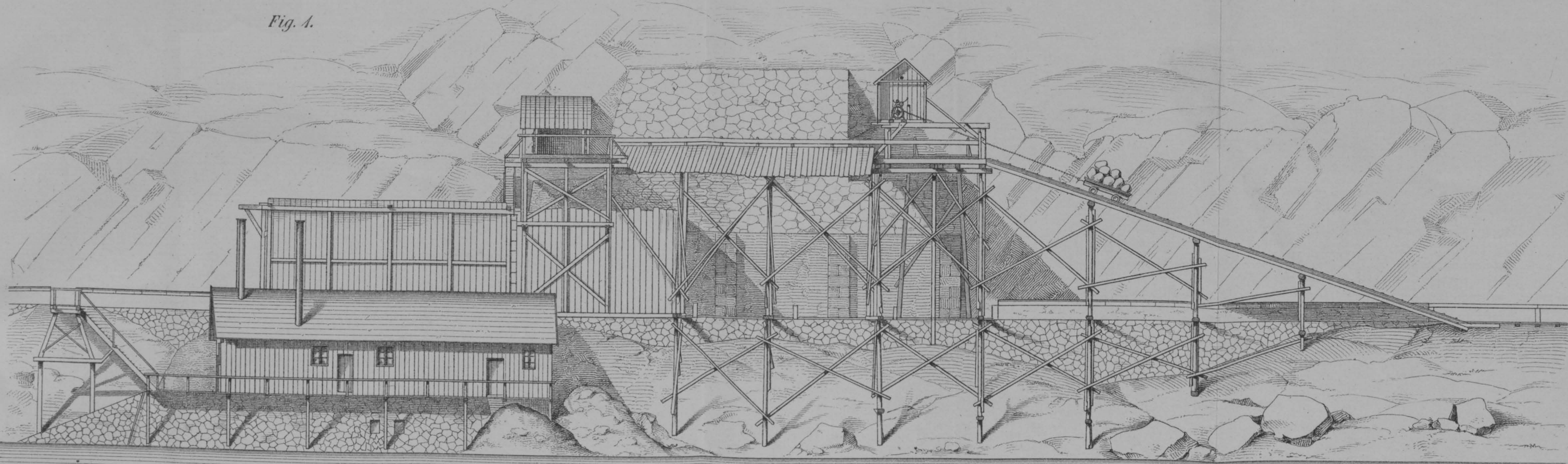


Fig. 3.

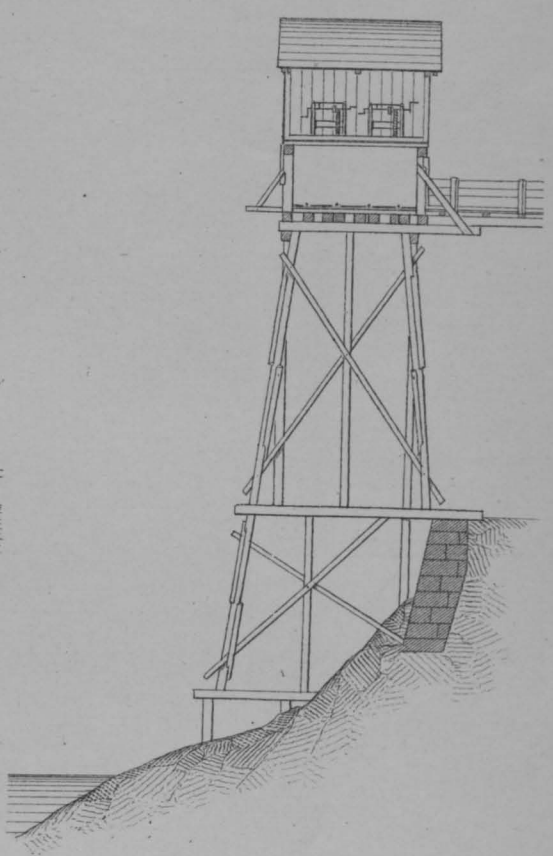
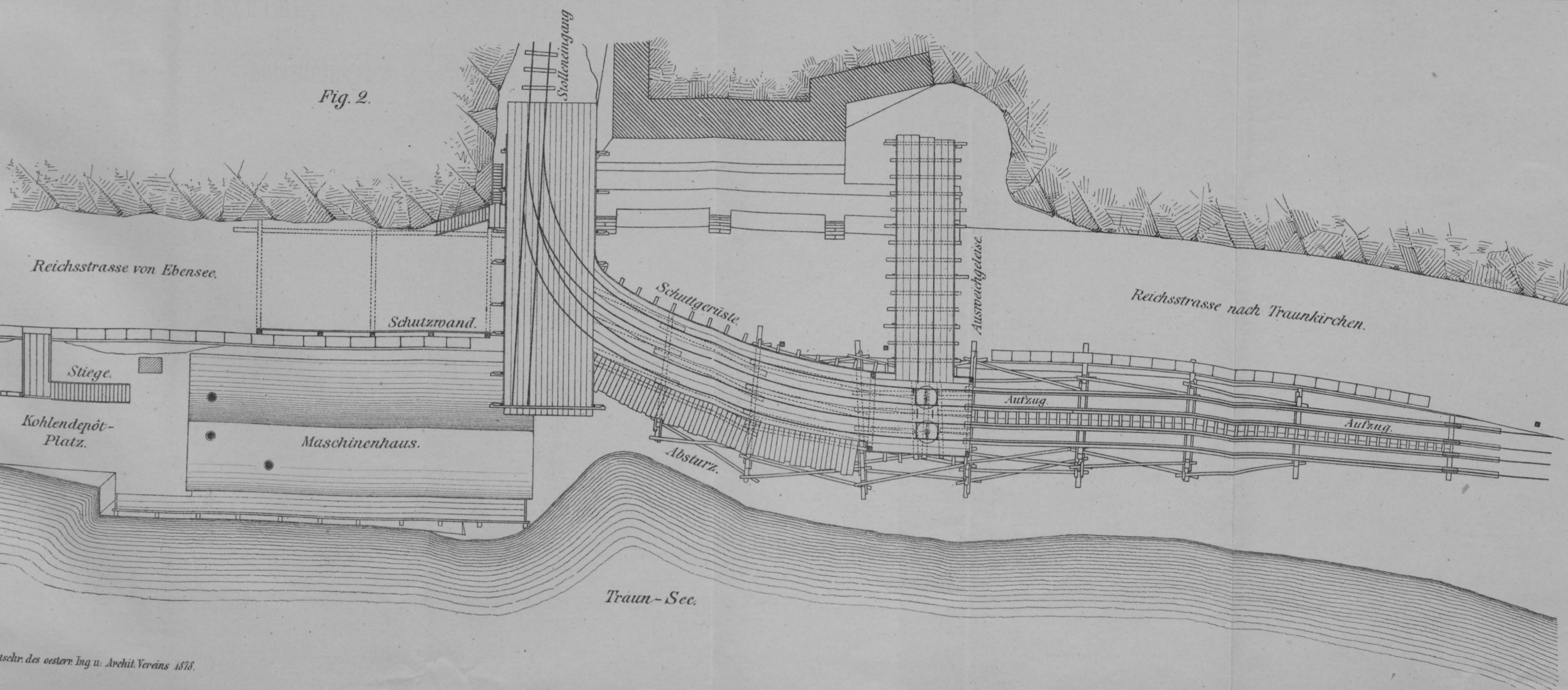
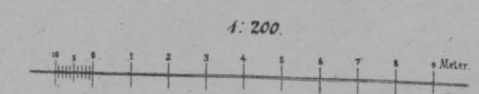


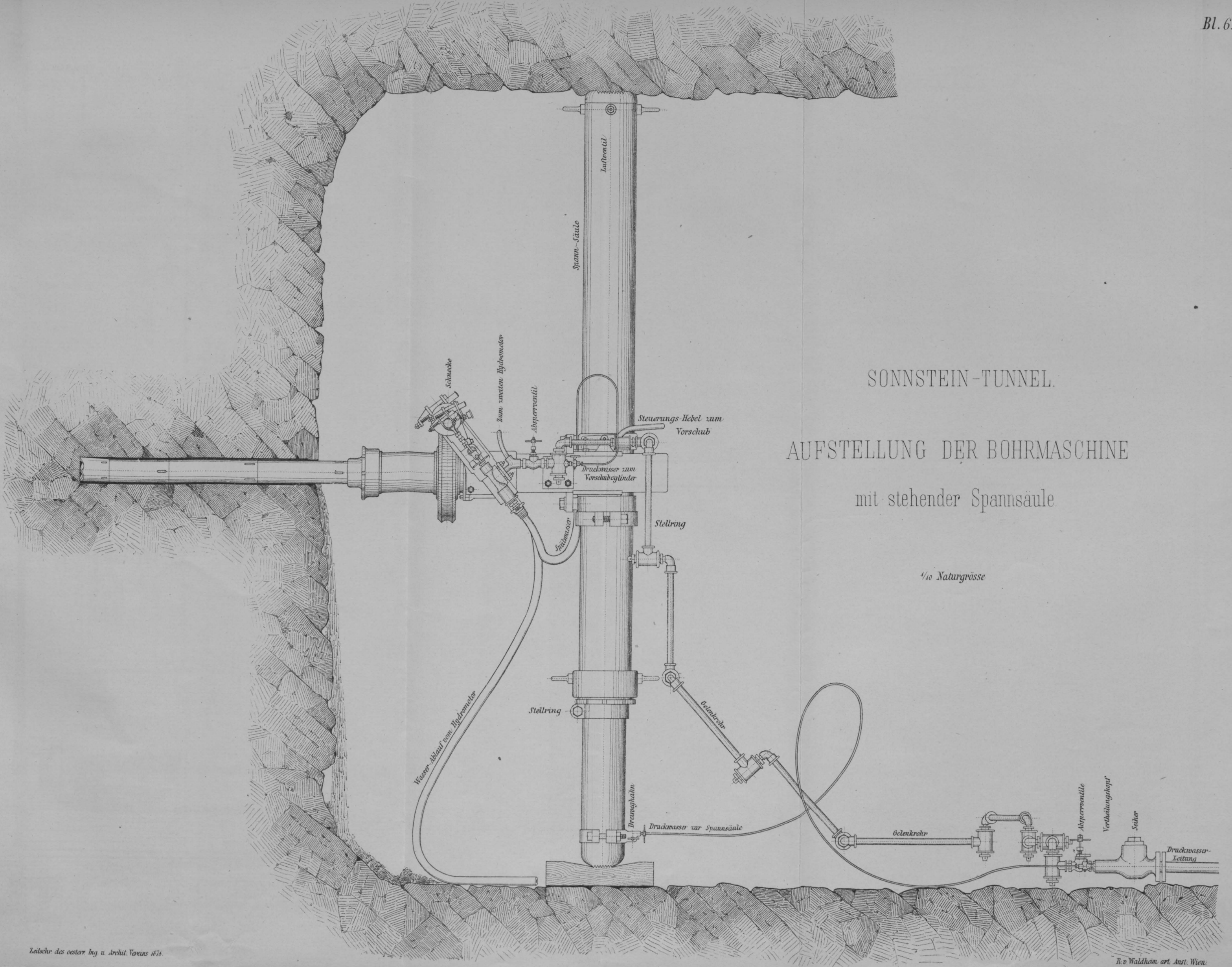
Fig. 2.

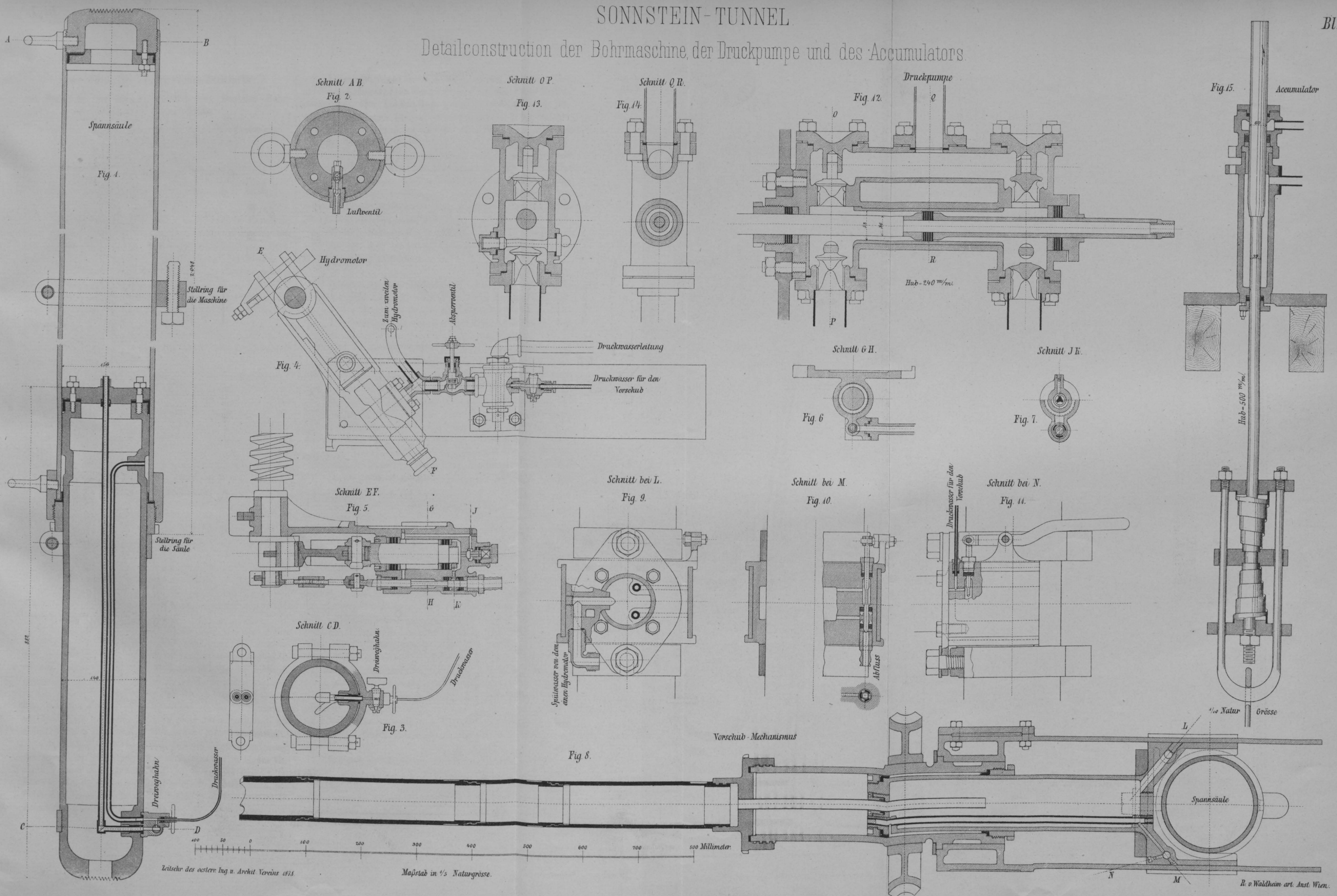


SONNSTEIN - TUNNEL.

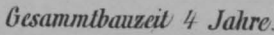
Schutzgerüst u. Aufzug
am Seitenstollen II.










BL.8.



 *Kalk*

 *Verucano, Sandstein u. Schiefer*

 *Glimmerschiefer*